

I. *Ueber die galvanische Wasserzersetzung und einige verwandte Gegenstände;*
von J. C. Poggendorf.

(Gelesen in der K. Academie am 19. Nov. d. J. — Aus den Monatsberichten. November 1846.)

Wie bekannt zeigen nur wenige galvanische Combinationen eine solche Kräftigkeit, daß eine *einfache Kette* von ihnen im Stande wäre, ein mit Säure gemischtes Wasser zwischen den Platinplatten eines Voltameters sichtbar und erheblich zu zersetzen. Unter den gebräuchlichen Combinationen ist es nur die Grove'sche oder die ihr ähnliche Bunsen'sche (aus Zink in Schwefelsäure, und Platin oder Kohle in Salpetersäure bestehend), welche das vermag, und auch diese nur in geringem Grade, wenn man sie, wie gewöhnlich, mit keiner concentrirteren Salpetersäure als von 40 Proc. Baumé oder 1,34 spec. Gew. construiert.

Es ist ferner bekannt, daß eine einfache Kette, welche das Wasser nicht zwischen Platinplatten zu zersetzen vermag, diese Fähigkeit auch nicht durch Vergrößerung ihrer Platten oder sonstige Verringerung ihres Widerstands erlangt; während eine Batterie aus nur zwei solchen Ketten, selbst von geringen Quer-Dimensionen, meistens schon eine recht kräftige Wasserzersetzung im Voltameter bewirkt.

Der Grund dieser noch vor wenigen Jahren so paradox aussehenden Erscheinung ist gegenwärtig klar. Er liegt in der Polarisation oder elektromotorischen Gegenkraft, welche die Platinplatten des Voltameters durch die an ihnen ausgeschiedenen Gase des Wassers erlangen, eine Gegenkraft, welche eine solche GröÙe besitzt, daß sie die elektromotorische Kraft der meisten galvanischen Ketten wenn auch nicht ganz, doch beinahe aufhebt.

Die nach dem Ohm'schen Princip gebildete Formel für die Stromstärke

$$\frac{k - p}{r + w}$$

(wo k und p die einander widerstrebenden Kräfte der Kette und des polarisirten Voltameters, r und w ihre Widerstände bezeichnen) drückt allgemein die Bedingungen aus, unter welchen eine Wasserzersetzung stattfinden kann.

Dieselbe einfache Formel würde auch, bei bekannten Werthen von k , r und w , ohne weiteres dazu dienen können, für jeden speciellen Fall den Betrag der Wasserzersetzung im Voraus zu berechnen, wenn p oder die Polarisation der Platinplatten eine constante Kraft wäre. Sie ist es aber nicht, ist vielmehr veränderlich, — abhängig von der Menge der in bestimmter Zeit an den Platten entwickelten Gase, also von der Stromstärke, und zwar nicht von der Gesamtstärke des Stroms, sondern von der Stärke desselben an den einzelnen Punkten der Platten oder von seiner wahren Intensität. Von dieser Intensität hängt die Polarisation in solcher Weise ab, daß sie anfangs rasch mit derselben steigt, darauf immer langsamer und langsamer, um sich asymptotisch einer Gränze zu nähern, über welche hinaus eine fernere Erhöhung der Intensität keine oder nur eine sehr unmerkliche Vergrößerung der Polarisation bewirkt.

Die Relation, welche sonach die Intensität mit der Polarisation verknüpft, ist abhängig von der Natur der Flüssigkeit, von ihrer Concentration und Temperatur, so wie von anderen Umständen, namentlich von sehr eigensinnigen und zur Zeit noch nicht gehörig ermittelten Zuständen der Oberfläche des Platins; weshalb es denn auch bis jetzt nicht möglich gewesen ist, sie in Allgemeinheit aufzustellen.

Gleiches gilt von dem Maximo der Polarisation, über dessen Werth die Angaben der Physiker nicht unbeträchtlich von einander abweichen, obgleich sie alle darin übereinkommen, ihm eine bedeutende Gröfse beizulegen. Ich habe bei vielfältigen Messungen dieß Maximum für Platin-

platten in verdünnter Schwefelsäure (rund gerechnet) meistens etwa gleich dem 42 fachen meiner Krafteinheit gefunden (nicht selten beträchtlich darunter), und dieß stimmt mit Wheatstone, nach welchem dasselbe $2\frac{1}{3}$ Mal so groß als die Kraft einer Daniell'schen Kette ist, da die Kraft der letzteren Kette, in meiner Einheit ausgedrückt, in runder Zahl 18 beträgt. Andere Physiker haben es größer beobachtet ¹⁾, in einigen Fällen weit über das Dreifache der eben genannten Kraft hinausgehend. Indefs, wenn man für das Maximum der Polarisation auch nur den von mir und Wheatstone gefundenen Werth einräumt, so ist dasselbe doch bedeutend größer als die Kraft aller gebräuchlichen galvanischen Combinationen, denn die stärkste von ihnen, die Grove'sche oder Bunsen'sche, hat (mit Salpetersäure von der vorhin genannten Concentration gebildet) keine größere Kraft als 32 meiner Einheit ²⁾).

Wenn nun unter allen Umständen die Polarisation der Platinplatten eine Kraft von so hoher Größe wäre, so würde offenbar keine der gebräuchlichen galvanischen Combinationen, als *einfache Kette* angewandt, eine Wasserzersetzung zwischen solchen Platten hervorbringen können, Dieser Proceß bliebe beschränkt auf die in der Praxis nicht üblichen Ketten, welche entweder das Hyperoxyd eines negativen Metalls zur Kathode, oder Kaliumamalgam zur Anode haben, oder auch mit Zink in Kalilauge construirt sind, — Ketten, deren Kraft, wie bei mehreren ähnlichen, über welche ich meine Messungen in einiger Zeit der K. Academie

1) Daniell, Ann., Bd. 60, S. 387. — Lenz, Ann., Bd. 59, S. 234.

2) Als Einheit der elektromotorischen Kräfte betrachte ich diejenige Kraft, welche bei einem Widerstande, der gleich ist dem eines Par. Zoll des in meiner früheren Abhandlung näher bezeichneten Neusilberdrahts, einen Strom hervorzubringen vermag, der 14,222 C. C. Knallgas (reducirt auf 0^m,760 Barometerstand, 0° Temperatur und völlige Trockenheit) in einer Minute aus dem Wasser entwickelt. — Hiernach würde also das Maximum der Polarisation einer Stromstärke von $42 \times 14,222$, d. h. von 597,324 C. C. Knallgas in der Minute entsprechen, während die Kraft der Grove'schen Kette, bei gewöhnlicher Construction, nur eine Stromstärke von 455,104 C. C. desselben Gases erzeugen kann.

vorzulegen gedenke, zum Theil noch beträchtlich über 42 hinausgeht ¹⁾).

Allein die Polarisation besitzt, wie gesagt, keine constante Kraft; sie accomodirt sich nach der Stärke des sie hervorrufenden Stroms; und daher kann schon eine Kette, deren Kraft nur bis 30 oder 31 geht, bei gehörig vermindertem Widerstand, eine sichtbare Wasserzersetzung bewirken, d. h. die Platinplatten befähigen, einen Theil der an ihnen ausgeschiedenen und sie in unsichtbarer Schicht bekleidenden Gase in Bläschenform zu entlassen. Das Entweichen dieser Bläschen, welche übrigens nichts zur Polarisation beitragen, sie im Gegentheil durch die von ihnen hervorgebrachte Bewegung der Flüssigkeit stören, beginnt schon bei einer verhältnißmäfsig sehr geringen Stromstärke, die sich schwerlich mit Genauigkeit festsetzen läßt, und

- 1) Ähnliches gilt von der Wasserzersetzung innerhalb der einfachen Kette selbst. Eine Kette aus *amalgamirtem Zink* und *Platin* in verdünnter Schwefelsäure wird in jedem Falle Wasserstoffgas an ihrer negativen Platte entwickeln können, weil ihre ursprüngliche (noch nicht durch die Polarisation geschwächte) Kraft, obschon sie nach dem Oberflächenzustand des Platins von 30 bis 25 schwanken kann, doch immer beträchtlich gröfser bleibt als das Polarisationsmaximum einer mit Wasserstoff bekleideten Platinplatte, d. h. gröfser als die Hälfte des Polarisationsmaximums eines Platinpaars, oder als 21. Allein eine Kette aus *Eisen* und *Platin*, deren ursprüngliche Kraft um etwa 10 Einheiten geringer ist als die der eben genannten, würde nur unter besonders günstigen Umständen eine sichtbare Wasserstoffentwicklung in ihrem Innern zeigen können; und doch unterläßt sie es nie. In noch schwächeren Ketten, z. B. in einer von *Kupfer* und *Platin*, deren ursprüngliche Kraft nicht viel über 11 hinausgeht, kann dagegen in keinem Falle eine sichtbare Wasserstoffgas-Entwicklung stattfinden.

Eine vielleicht noch nicht ausgesprochene Bemerkung, welche sich hieran knüpft, ist die, dafs wenn eine (polarisirbare) einfache Kette in ihrem Innern das Wasser nicht sichtbar zu zersetzen vermag, wie eben die Kupfer-Platin-Kette, auch keine aus solchen Ketten gebildete Batterie diese Zersetzung in einem Voltameter zu bewirken im Stande seyn wird, wie viele Ketten man auch an einander reihen möge, und gleichviel, ob die Platten des Voltameters (sobald sie nur nicht kleiner als die der Batterie sind) aus Platin oder Kupfer u. s. w. bestehen. Dieser Satz, {der auch umgekehrt seine Richtigkeit behält, ist eine Folge davon, dafs die Stromstärke einer Batterie niemals gröfser seyn kann als die einer ihrer einfachen Ketten.

auch wohl keinen festen Werth besitzt, vielmehr von der Gestalt und Gröfse der Platten des Voltameters abhängt. Bei einer gewissen Stromstärke kann man diese Platten Minuten lang beobachten, ohne dafs sich mit aller Aufmerksamkeit auch nur die geringste Spur von Wasserzersetzung wahrnehmen läfst, bis dann plötzlich an einem Rande oder an einer Ecke ein fast mikroskopisches Knöpfchen entsteht, welches sich langsam vergrößert, dann ablöst und nun als feines Bläschen in die Höhe steigt. Die sichtbare Wasserzersetzung hebt also bei keiner genau bestimmbar Gränze an; aber dieser erste Anfang ist es auch nicht, welcher hier, wie in der Regel, gemeint wird, wenn von diesem Procefs die Rede ist. Man versteht darunter vielmehr eine schon merkbliche Gröfse desselben, und um diese Gröfse etwas näher zu bestimmen, will ich sie auf ein Quantum von 2 bis 3 Hunderteln eines Kubikcentimeters Knallgas in der Minute festsetzen. Eine solche sichtbare Wasserzersetzung ist es, welche eine einfache Grove'sche Kette von der gewöhnlichen Construction zwischen Platinplatten im Voltameter hervorzubringen vermag ¹⁾).

- 1) Um zu erfahren, welcher Grad von Stromschwäche noch eine sichtbare Wasserzersetzung hervorbringen würde, schaltete ich einst in den Kreis einer einfachen Grove'schen Kette, deren Kraft ich, da sie mit schon mehrmals gebrauchter Salpetersäure construirt worden, auf 30 meiner Einheit schätze, folgende Gegenstände ein: 1) Ein Voltameter; 2) einen Silberfällungsapparat, bestehend aus zwei kleinen Platinplatten, die in einer gesättigten Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd hingen; 3) ein Galvanometer, und 4) eine Drahtmasse, deren Widerstand nach approximativer Bestimmung gleich war acht Tausend Fufs oder 96 Tausend Zoll meines neusilbernen Meßdrahts. Die Stromstärke betrug demnach höchstens etwa $\frac{30}{56000} = \frac{1}{2066}$ meiner Einheit, was in meiner Sinusbusssole einer Ablenkung von 6",5 und im Voltameter 0,000444 Kub. Centm. Knallgas in der Minute entsprechen würde. Bei diesem schwachen Strom konnte ich, obwohl ich ihn 4 bis 5 Stunden wirken liefs, nicht die mindeste Spur von sichtbarer Wasserzersetzung im Voltameter wahrnehmen; aber im Silberfällungsapparat liefsen sich unzweideutige Anzeigen des chemischen Processes erkennen. Auf beiden Seiten der negativen Platinplatte hatten sich einzelne, ganz zerstreute Kryställchen von Silber abgelagert, in Summe wohl ein Paar Dutzend. Die Silberfällung ist daher weit empfindlicher in ihren Angaben als die Wasserzersetzung. Beim

Diese Bemerkungen glaubte ich vorausschicken zu müssen, um einige Beobachtungen zu erläutern, die ich vor mehreren Wochen bei fortgesetzter Untersuchung der Grove'schen Gasbatterie zu machen Gelegenheit hatte, und mir Interesse genug zu haben scheinen, um sie von meinen anderweitigen Arbeiten über die elektromotorischen Kräfte getrennt veröffentlichen zu dürfen.

Was ich vorhin vom Platin gesagt habe, gilt vom Platin mit *blanker metallischer Oberfläche*, in welcher Gestalt es übrigens noch eine Menge Verschiedenheiten darbietet, die zur Zeit zu den obskuren Facultäten gerechnet werden müssen. In dieser Gestalt wird es aber nicht in der Grove'schen Gasbatterie benutzt. Es wird daselbst *platinirt* angewandt, d. h. überzogen mit dem schwarzen, äußerst fein vertheilten Platinpulver, welches man aus einer verdünnten Lösung von Platinchlorid elektrolytisch darauf niederschlagen kann. Zwei solche Platten, von denen die obere Hälfte der einen von Sauerstoffgas, die der anderen von Wasserstoffgas umgeben ist, während die unteren Hälften beider in verdünnte Schwefelsäure hinabreichen, bilden das Element der von Hrn. Grove erfundenen Gasbatterie, die übrigens, wie ich schon früher bemerkt habe, was den Ursprung ihrer Kraft betrifft, von der secundären oder Ladungssäule im Wesentlichen nicht verschieden ist ¹⁾.

Die zu dieser Säule erforderlichen Gase pflegt man entweder auf rein chemischem Wege darzustellen, oder in einem dazu eingerichteten Voltameter abgesondert elektrolytisch zu entwickeln, und dann mit den erwähnten Platinplatten in Berührung zu setzen.

Zu einem gewissen Zweck, welcher nur eine geringe Gasmenge erforderte, wollte ich noch kürzer verfahren, näm-

Anblick der so vereinzelt abgelagerten Silberkryställchen muß sich übrigens nothwendig die Frage aufdrängen, welcher Vorgang an den der Oberfläche nach so sehr überwiegenden Theilen der Platinplatte stattfinden mochte, welche ihren Glanz behielten und keine Ablagerung zeigten. Ging dort der Strom gar nicht durch, oder ging er auf dem Wege der bloßen Leitung durch?

1) Annalen, Bd. 61, S. 599.

lich die Gase unmittelbar an den Platten selbst entwickeln. Ich verband daher diese Platten als Elektroden mit einer einfachen Grove'schen Kette, hoffend im Laufe einer Stunde wenigstens so viel Gas zu erhalten, als ich gerade gebrauchte. Wie groß war aber mein Erstaunen, als ich statt der schwachen Wasserzersetzung, die ich erwartet hatte, eine verhältnißmäßig recht starke erhielt, so daß ich schon nach wenig Minuten meinen Zweck erfüllt sah.

Dieses interessante Ergebniss forderte natürlich zu weiteren Versuchen auf. Ich construirte mir demnach mit platinirten Platinplatten ein Voltameter, um die Wirkung desselben zu vergleichen mit der meines gewöhnlichen Voltameters, welches blanke Platten besitzt ¹⁾.

Gleich der erste Versuch ergab ein außerordentliches Uebergewicht zu Gunsten der platinirten Platten. Dieselbe Grove'sche Kette nämlich, die mittelst des *blanken* Volta-

- 1) Da man zuweilen in den Fall kommen kann, sich ein solches Instrument zu temporären Zwecken construiren zu müssen, so dürfte die Angabe des Verfahrens, welches mir gute Dienste leistete, wohl nicht unwillkommen seyn. Ich nehme eine gut cylindrische oder wenigstens sich nach oben nicht erweiternde Glasglocke, oder eine am Boden abgeschnittene Glasflasche (Taf I, Fig. 12), wähle einen sie unten verschließenden Kork (*aa*), überziehe diesen auf seiner kleineren Grundfläche mit Siegelack, zerschneide ihn darauf in drei Segmente von zweckmäßiger Größe, lege zwischen diese Segmente die Platinplatten *pp*, und schiebe ihn nun, mit sammt den Platten, in die Glasglocke hinein, und zwar so tief, daß der Rand um einige Linien über den Kork hervorragt. Die Schale, die somit von dem hervorragenden Glockenrand und der Außenfläche des Pfropfens gebildet wird, giefse ich nun, nach Umkehrung der Glocke und gelinder Erwärmung derselben über einer Weingeistflamme, mit geschmolzenem Harzkitt *bb* aus, bestehend aus 4 Th. Harz und 1 Th. Wachs, dem ich noch, um seine Leichtflüssigkeit und Zähigkeit zu erhöhen, etwas Bernsteinfirnis zusetze. Nach dem Erkalten hat man einen Verschluss, welcher einer schwachen Säure (wie z. B. einem Gemisch von 1 Th. concentrirter Schwefelsäure und 9 Th. Wasser) wochenlang widersteht, ohne daß der Kork sonderlich erweicht oder Flüssigkeit durchsickert. An die aus dem Kitt hervorragenden Enden der Platinplatten werden beim Gebrauch natürlich Klemmen angesetzt. — Bei einem Voltameter, das zu längeren Gebrauche dienen soll, ist es jedoch räthlich, Kork und Kitt, so wie auch jede Löthung zu vermeiden, und nur Glas und Platin anzuwenden.

meters in 30 Minuten nur 0,892 C.C. Knallgas (reducirt auf 0^m,760, auf 0° und volle Trockenheit) gegeben hatte, lieferte, verbunden mit dem *platinirten* Instrument, in einer gleichen Zeit 77,68 C.C. des Gases (eben so reducirt), also fast 87 Mal so viel als im ersten Fall. Diefs Resultat mußte um so mehr überraschen, als die platinirten Platten zwar nahe denselben Abstand von einander hatten, und in Schwefelsäure von gleichem Grade der Verdünnung standen wie die blanken Platten, ihre Gröfse aber kaum die Hälfte der der letzteren erreichte.

Natürlich war diefs Resultat nur die Folge einer gröfseren Stärke, welche der Strom mit den platinirten Platten besafs. Als die beiden Voltameter zugleich und hinter einander mit einer Batterie aus zwei Grove'schen Ketten verbunden wurden, die Stromstärke in beiden also gleich seyn mußte, gab auch jedes von ihnen gleich viel Gas, nämlich 17,94 C.C. Knallgas (wie vorhin reducirt) in 30 Minuten, also das platinirte Instrument *weniger*, und das blanke *mehr*, wie im Fall, da es für sich mit *einer* Grove'schen Kette verknüpft war.

Um die Sache näher zu untersuchen, schritt ich nun dazu, die Polarisation der Platten beider Voltameter quantitativ zu bestimmen. Ich verband die beiden Instrumente successive mit einer frisch geladenen Batterie aus zwei Grove'schen Ketten, in deren Kreis zugleich die Sinusbussole mit ihrem Rheochord (Widerstandsmesser) eingeschaltet war; und nachdem die Stromstärke keine Abnahme mehr zeigte, die Polarisation also ihr Maximum erreicht hatte, maafs ich den Betrag jener Stärke bei verschiedenen Längen des Mefsdrahtes. Eben so verfuhr ich mit der Batterie allein. Daraus ergeben sich dann auf bekannte Weise, mittelst der Ohm'schen Formel, die elektromotorischen Kräfte und die wesentlichen Widerstände der beiden Systeme und der Batterie; und wenn man die für die Batterie gefundenen Elemente von denen für die Systeme erhaltenen abzieht, bekommt man die gesuchten Elemente für die Voltameter. Ich muß indess bemerken, dafs ich bei den aus Voltame-

ter und Batterie gebildeten Systemen nur die beiden zuerst gemessenen, größten Stromstärken auf diese Weise berechnet habe, indem es nur bei diesen erlaubt ist, die Polarisation als eine constante Kraft zu betrachten ¹⁾. Man erhält dadurch den wesentlichen Widerstand des Systems und einen ersten Werth seiner elektromotorischen Kraft, aus welchen beiden Elementen sich dann die übrigen, den kleineren Stromstärken entsprechenden Kräfte ergeben, wenn man diese Stromstärken respective multiplicirt mit den zugehörigen gesammten Widerständen.

Die umstehend folgende Tafel giebt eine Uebersicht der angestellten Messungen und ihrer Resultate:

- 1) Durch anderweitige Messungen, die ich, nebst den daraus zu ziehenden Schlüssen künftig zu veröffentlichen gedenke, habe ich mich überzeugt, daß man, für die Polarisation und für den Widerstand zwischen den Platten in der Flüssigkeit, nach dem Ohm'schen Verfahren, wenn nur der Strom die gehörige Stärke dabei behält, dieselben Werthe bekommt, wie nach der Methode von Wheatstone und Lenz, bei welcher die Stromstärke constant gehalten und der Abstand der Platten verändert wird. Auch habe ich gefunden, daß die letztere Methode für den genannten Widerstand eine gleiche GröÙe ergibt, die Platten mögen aus Platin oder aus einem leicht oxydirbaren Metall, z. B. Zink, bestehen.

Zeit.	Außer- wesentli- cher Wi- derstand.	Stromstärke.	Wesentl. Wider- stand.	Elektro- motori- sche Kraft.	Polari- sation.
	<i>Z.</i>	<i>i.</i>			

Batterie verbunden mit dem platinirten Voltameter.

9 ^h 30'	System	geschlossen	$r+w$	$k-p$	p
10 1	21,03	$\sin 86^\circ 38'$	10,03	31,01	32,98
— 6	25,03	- 62 11			
— 12	29,03	- 52 31		30,97	33,02
— 16	33,03	- 45 53		30,91	33,08
— 20	41,03	- 37 17		30,93	33,06
— 24	49,03	- 31 38		30,98	33,01
— 41	59,03	- 26 26		30,74	33,25
— 45	69,03	- 23 0		30,89	33,10
— 50	99,03	- 16 32		31,04	32,95
— 54	129,03	- 12 57		31,16	32,83
11 2	189,03	- 9 5		31,43	32,56
— 8	249,03	- 7 2		31,73	32,26

Batterie für sich.

	Batterie	geschlossen	r	k	
— 11					
— 22 (e)	99,03	$\sin 36^\circ 45'$	7,85	63,95	aus (b) und (c)
— 27 (d)	89,03	- 41 18	7,89	63,97	- (a) - (d)
— 32 (c)	79,03	- 47 23	7,88	63,95	- (a) - (c)
— 36 (b)	69,03	- 56 17	8,01	64,08	- (a) - (b)
— 40 (a)	59,03	- 72 55			
Mittel			7,91	63,99	

Batterie verbunden mit dem blanken Voltameter.

11 ^h 45'	System	geschlossen	$r+w$	$k-p$	p
12 45	21,03	$\sin 47^\circ 49'$	9,02	22,27	41,72
— 52	29,03	- 35 49			
— 56	41,03	- 26 48		22,55	41,44
1 0	59,03	- 19 43		22,94	41,05
— 4	99,03	- 12 43		23,79	40,20
— 8	189,03	- 7 15		24,99	39,00
— 12	249,03	- 5 44		25,78	38,21

[r = Wesentl. Widerstand d. Batterie k = Elektr. Kraft d. Batterie]
 [w = " " " Voltamet. p = Polarisat. d. Voltamet.]

Aus dieser Tafel gehen drei Resultate hervor:

1) Dafs das Polarisationsmaximum bei den *platinirten* Platten sehr bedeutend, um etwa ein Viertel seines Werths, geringer ist als bei den *blanken* Platten, nur wenig die Kraft einer *einfachen* Grove'schen Kette übertreffend, wenn diese,

wie in der angewandten Batterie, mit Schwefelsäure von 1,105 und Salpetersäure von 1,34 spec. Gew. construiert wird.

2) Dafs die Polarisation bei den *platinirten* Platten weniger mit den Aenderungen der Stromstärke variirt als bei den *blanken*.

3) Dafs sie auch bei den *ersten* Platten schneller zu ihrem Maximum gelangt, als es in der Regel bei den letzteren der Fall ist, wenigstens wenn sie nicht einen hohen Grad von Reinheit besitzen.

Die Ergebnisse dieser Messungen genügen in so weit, als sie zeigen, dafs unter gleichen Umständen die platinirten Platten eine bedeutend schwächere und beständigere Polarisation annehmen als die blanken. Allein zur Erklärung der bei der einfachen Kette beobachteten Erscheinung reichen sie noch nicht aus. Denn die 77,68 C. C. Gas, welche, wie S. 184 erwähnt, in 30 Minuten mit einer Grove'schen Kette erhalten wurden, entsprechen an der Sinusbussole einer Ablenkung von nahe $10^{\circ} 30'$, und die vorstehende Tafel zeigt, dafs die bei dieser Stromstärke gefundene Polarisation der platinirten Platten noch merklich gröfser ist als in der Regel die elektromotorische Kraft einer solchen Kette, welche also hienach gar nicht im Stande seyn würde eine Wasserzersetzung zu bewirken.

Dieser Widerspruch hat meiner Meinung nach darin seinen Grund, dafs die obigen Messungen etwas zu rasch hinter einander vorgenommen wurden. Wenn man nämlich von einer Stromstärke zu einer andern übergeht, so gebraucht die Polarisation einige Zeit, um sich der neuen Stromstärke anzupassen, und diese Zeit ist um so gröfser, je kleiner die Stromesunterschiede sind. Ich befolgte freilich nach jedesmaliger Vergröfserung des aufserwesentlichen Widerstands die Vorsicht, nicht eher eine Ablesung zu machen als bis die Nadel einen festen Stand erlangt hatte; allein es scheint doch als habe sich die Polarisation bei den kleineren Stromstärken noch nicht ganz ausgeglichen gehabt; und wenn dem so war, mufste sie für diese Stromstärken zu groß gefunden werden.

Um hieüber in's Reine zu kommen, schaltete ich in ein ähnliches System wie vorhin (bestehend aus zwei Grove'schen Ketten, dem platinirten Voltameter, der Sinusbusssole und dem Rheochord) sogleich einen großen Widerstand ein, so daß der Strom von vornherein nur schwach war; maafs bloß bei diesem einen Widerstand die Stromstärke, und bestimmte darauf die Elemente der Batterie. So erhielt ich:

System			Batterie		
Zeit.	aufserwesentlicher Widerstand.	Stromstärke.	Zeit.	aufserwesentlicher Widerstand.	Stromstärke.
10 ^h 19'	System geschlossen		11 ^h 6'	Batterie geschlossen	
— 29	187,03	$\sin 9^{\circ} 3'$	— 11	97,03	$\sin 36^{\circ} 42'$
— 34	dito	- 8 59	— 16	67,03	- 57 48
— 39	dito	- 8 55	woraus:		
— 44	dito	- 8 53			
— 49	dito	- 8 51			
— 54	dito	- 8 50			
Mittel $\sin 8^{\circ} 55'$			$k = 61,04$ $r = 5,10$		

Am Tage zuvor hatte ich bei einem ähnlichen System, welches dasselbe Voltameter einschloß, folgende Messungen gemacht:

Zeit.	Außerwesentlicher Widerstand.	Stromstärke.	Wesentlicher Widerstand.	Elektromotorische Kraft.	Polarisation.
	<i>l.</i>	<i>i.</i>			
10 ^h 14'	System geschlossen		<i>r</i> + <i>w</i>	<i>k</i> - <i>p</i>	<i>p</i>
11 17	19,03	<i>sin</i> 85° 9'	} 9,64	} 28,58	} 33,39
20	23,03	- 60 59			
Batterie für sich.					
11 ^h 29'	Batterie geschlossen		<i>r</i>	<i>k</i>	
34	77,03	<i>sin</i> 47° 32'	} 6,98	} 61,97	
40	57,03	- 75 30			

Aus der letzten Reihe ergibt sich der Widerstand des Voltameters oder $w = 9,64 - 6,98 = 2,66$. Wenn man diesen Werth für die erste Reihe benutzt, so hat man:

$$w + r + l = 2,66 + 5,10 + 187,03 = 194,79$$

$$194,79 \sin 8^\circ 55' = k - p = 30,20$$

und:

$$p = k - 30,20 = 61,04 - 30,20 = 30,84.$$

Dieser Werth von p , obwohl noch etwas größer als die Hälfte des k der angewandten Batterie bleibt doch unterhalb der elektromotorischen Kraft, die eine einfache Grove'sche Kette von guter Construction besitzen kann ¹⁾, und darnach begreift sich also, wie diese im Stande ist, Wasser im Voltameter zu zersetzen.

Eine Bestätigung dafür, daß die Polarisation der platinirten Platten bei geringeren Stromstärken in der That keinen höheren Werth als den angegebenen besitzt, giebt mir ferner ein Versuch, den ich zur Zeit der ersten Reihe von Messungen, S. 186, mit einer einfachen Grove'schen Kette anstellte. Diese Kette, mit dem platinirten Voltameter und einem außerwesentlichen Widerstand $l = 13,03$ verbunden, lieferte nämlich eine Stromstärke $i = \sin 2^\circ 31'$. Für die Kette allein war $k = 31,47$ und $r = 4,14$. Die Reihe S. 186 giebt $w = 2,12$; also war $i(r + w + l) = k - p = 0,85$ und $p = k - 0,85 = 31,47 - 0,85 = 30,62$,

was sehr nahe mit dem zuvor gefundenen Werth übereinstimmt.

Nach allem diesem glaube ich darf an dem Resultat der Messungen nicht gezweifelt werden, so daß es überflüssig ist, noch etwas zur Erläuterung hinzuzufügen. Es lassen sich auch andere Erscheinungen mit Gewißheit voraussehen. So wird namentlich das Verhältniß der in gleicher Zeit von dem platinirten und dem blanken Voltameter gelieferten Gasmengen, um so stärker zu Gunsten des ersteren Instruments ausfallen, je kleiner innerhalb gewisser Gränzen die Kraft k der polarisirenden Kette ist; denn je kleiner k ist, desto kleiner ist auch $k - p$, und desto mehr Einfluß auf

- 1) Beim vorletzten Versuch war in die Schwefelsäure, welche das amalgamirte Zink der Batterie aufnahm, zufällig ein gewisser Antheil Salpetersäure gerathen. Diefß schadet zwar der Constanz des Stromes nicht, schwächt aber die elektromotorische Kraft, die bei einer guten Grove'schen Kette stets 31 bis 32 beträgt.

diese letztere Gröfse hat eine kleine Aenderung von p , so gut wie von k . Daher wird diefs Verhältnifs bei einer einfachen Kette mehr zu Gunsten des platinirten Instruments ausschlagen als bei einer Batterie; auch wird das Uebergewicht dieses Instruments bei der Batterie erst nach einiger Zeit hervortreten, da die blanken Platten, wenn sie nicht etwa besonders gereinigt worden sind, nur sehr langsam zu ihrem Polarisationsmaximum gelangen. Von der Richtigkeit dieser Folgerungen habe ich mich durch Erfahrung überzeugt.

Uebrigens will ich nicht behaupten, dafs man bei Wiederholung der obigen Messungen genau die angegebenen Zahlenwerthe wieder finden werde.

Denn für's Erste scheinen die platinirten Platten mit der Zeit eine kleine Aenderung zu erleiden. Der zuletzt angegebene Werth von $p=33,39$, welcher etwas gröfser ist als der durch die ersten Messungen gefundene $=32,98$, wurde zwei Monate nach diesem erhalten, nachdem das Voltameter zu mannichfachen Wasserzersetzungen gedient hatte, und seine Platten, weil ich zuweilen die Flüssigkeit ausgofs, mehrmals mit der Luft in Berührung gekommen waren. Auch gab mir diefs Instrument in der letzten Zeit nie ganz die Gasmenge, welche es anfänglich mit der einfachen Kette gegeben hatte.

Für's Andere aber habe ich gefunden, und weiterhin wird man die Belege dafür finden, dafs unter den platinirten Platinplatten beträchtliche Verschiedenheiten vorkommen, dafs es z. B. einige unter ihnen giebt, die, obwohl anderen im Ansehen völlig gleich, dennoch einen bedeutend höheren Grad von Polarisation annehmen, sey es, dafs sie nicht lang genug dem Platinirungsprocefs ausgesetzt wurden, oder dafs sich dem lockeren schwarzen Platinpulver, mit welchem sie sich dabei überziehen, ein compacteres graues beigemischt hatte, was leicht geschieht, wenn die Platimlösung nicht hinreichend verdünnt, oder der Strom nicht stark genug war.

So weit wäre denn die anfangs beobachtete Thatsache mit Bestimmtheit auf ihre nächste Ursache zurückgeführt; allein sie ist damit noch nicht vollständig erforscht. Sie bietet noch eine andere Seite dar, die eben so interessant als beachtenswerth ist, und zwar zeigt sich dieselbe beim Schliessen und Oeffnen der Kette.

Vollzieht man das Schliessen auch nur mit einiger Aufmerksamkeit, so gewahrt man, dass die Gasentwicklung nicht gleichzeitig an den beiden platinirten Platten beginnt, sondern an der, welche den Sauerstoff ausgiebt, früher als an der anderen, die den Wasserstoff liefert. Besonders auffallend ist dies, wenn man den Strom der polarisirenden Kette durch Einschaltung eines grossen Widerstandes beträchtlich geschwächt hat.

Als ich z. B. 120 Zoll meines neusilbernen Messdrahts mit der einfachen Grove'schen Kette verband, und nun die Schliessung mit dem platinirten Voltameter vollzog, zeigte sich innerhalb der ersten Minute an *beiden* Platten durchaus keine Spur von sichtbarer Wasserzersetzung. Nach Verlauf dieser ersten Minute kam der Sauerstoff zum Vorschein, und erst volle sechs Minuten später, also sieben Minuten nach der Schliessung, begann die andere Platte Wasserstoff auszugeben. Währenddessen nahm die Stromstärke, wie die zugleich eingeschaltete Sinusbussole ergab, fortwährend ab. Die Ablenkung der Nadel betrug, als der Sauerstoff erschien, etwas über 3° , zur Zeit der Sichtbarwerdung des Wasserstoffs nur noch $1^\circ 30'$. Wenn der Strom stärker ist, liegt zwischen den Anfängen der beiden Gasentwicklungen keine so beträchtliche Zeit, und man ist daher gehindert das Phänomen mit Müsse zu beobachten.

Umgekehrt sind die Vorgänge beim Oeffnen der Kette. Zunächst gewahrt man, dass beide Platten, trotz der Unterbrechung des Stroms, noch eine Zeit lang fortfahren Gas auszugeben. Es ist vielleicht dieselbe Erscheinung, welche man schon vor langer Zeit an den Poldrähten einer vielplattigen Volta'schen Säule wahrgenommen hat ¹⁾; hier sieht

1) Pfaff in Schweigg. Journ., Bd. 53, S. 77. — Berzelius in Gilb.

man sie an der *einfachen Kette* und in ungleich größerem Maafsstabe. Allein man sieht noch mehr; man findet, daß die Gasentwicklung nach sehr ungleicher Zeit an den beiden Platten aufhört. An der Platte, welche den Wasserstoff ausgiebt, geht sie schon nach einer oder anderthalb Minuten zu Ende, während die andere Platte noch lange Sauerstoffgas reichlich entläßt, und selbst noch nach einer Stunde dasselbe in mikroskopischen Bläschen aussendet. Um dieses zu beobachten, muß man übrigens aus der Kette allen unnöthigen Widerstand entfernt haben, damit sie möglichst stark auf das Voltameter wirken konnte.

Offenbar sind diese Erscheinungen Folge einer Absorption, welche das zarte Platinpulver, mit dem die Platten bekleidet sind, auf die an ihm ausgeschiedenen Gase ausübt. Offenbar ist auch diese Absorption für beide Gase stärker so lange der Strom besteht, und zwar ungleich stärker für den Wasserstoff als für den Sauerstoff.

Es fragt sich nun, ob diese Absorption von Einfluß sey auf die Polarisation. Bei den blanken Platinplatten kann kaum von einer Absorption die Rede seyn, und dennoch werden sie, wie wir gesehen, stärker polarisirt als die platinirten. Darnach scheint die Absorption wenigstens keinen fördernden Einfluß auf die Polarisation auszuüben.

Andererseits habe ich schon vor sehr geraumer Zeit mit Hülfe einer eigends dazu construirten Wippe gefunden, daß zwei blanke Platinplatten von recht homogener Beschaffenheit eine bei beiden gleiche, obwohl im Charakter entgegengesetzte Veränderung durch die Polarisation erleiden, so daß die *eine* gegen eine *neutrale* Platte eben so *positiv*, wie die *andere negativ* wird.

Es fragt sich also weiter, ob diese Gleichheit auch noch bei den platinirten Platten bestehe. Das so verschiedene Absorptionsvermögen derselben für die beiden Gase der Wasserzersetzung macht dieß nicht eben wahrscheinlich.

Um

Ann., Bd. 27, S. 269. Bei letzteren Versuchen wenigstens scheinen indess noch andere Umstände mit im Spiele gewesen zu seyn.

Um diese Frage wo möglich entschieden beantwortet zu erhalten, schlug ich folgenden Weg ein. Mit einer Batterie aus zwei Grove'schen Ketten verband ich *successive* vier in verdünnte Schwefelsäure gestellte Platinpaare, nämlich 1) zwei platinirte Platten, — 2) eine platinirte und eine blanke Platte, so geordnet, daß sich der Wasserstoff an der platinirten zu entwickeln hatte, — 3) wiederum eine platinirte und eine blanke Platte, aber so gestellt, daß sich der Wasserstoff an der blanken entbinden mußte, — 4) zwei blanke Platten. Ueberdies waren Bussole und Rheochord immer mit in dem Kreise, und so konnte in diesen vier Fällen, und in dem fünften, wo ich die Batterie zum Ueberflusse noch für sich wirken liefs, die Stromstärke für verschieden gewählte Gröfsen des ausserwesentlichen Widerstands gemessen werden.

Wenn man nun hieraus die elektromotorische Kraft der vier Systeme, oder auch nur drei derselben auf frühere Weise berechnet hat, so besitzt man die Data, um zu beurtheilen, welche der beiden Platten des platinirten Paares am meisten zur Schwäche der bei diesem Paare beobachteten Polarisation beigetragen habe.

Bezeichnet man nämlich die Werthe, welche die platinirten Platten in der elektromotorischen Reihe erhalten, wenn sie respective durch Wasserstoff und Sauerstoff polarisirt sind, mit p'_h und p'_o , die der blanken Platten mit p_h und p_o , so hat man für die elektromotorischen Kräfte der vier Systeme die Ausdrücke:

$$k - (p'_h - p'_o) = a$$

$$k - (p'_h - p_o) = b$$

$$k - (p_h - p'_o) = c$$

$$k - (p_h - p_o) = d$$

und daraus:

$$p'_o = p_o + (c - d) = p_o + (a - b)$$

$$p'_h = p_h + (d - b) = p_h + (c - a),$$

wobei zu erwägen ist, daß p_o einen negativen, p_h einen positiven Zahlenwerth hat, da die elektromotorische Reihe als von einem Nullpunkt (auf welchem man sich das neu-

trale Platin liegend denken mag) nach beiden Seiten hin zählend angenommen ist.

Ich habe zwei Reihen solcher Bestimmungen gemacht, und zwar, um die Batterie nicht übermäßig lang anzustrengen, jedesmal nur an drei der vier Systeme, da die Messung an dem vierten, so wie die an der Batterie allein (zur Bestimmung von k) nur zur Controle oder zur Verknüpfung mehrer Reihen dient. Die Platinplatten standen immer in derselben verdünnten Schwefelsäure, mit welcher das Voltameter gefüllt war, ihr Abstand und ihr eingetauchter Theil waren in allen Fällen nahe, in einigen streng gleich. Um näher die Vertauschung der Platten zu bezeichnen, habe ich die Nummern angegeben, mit welchen sie zur Unterscheidung gestempelt sind.

Erste Reihe.

Zeit.	Außer- wesentlicher Widerstand.	Stromstärke.	Wesentl. Wider- stand.	Elektromoto- rische Kraft.	Polari- sation.
-------	---------------------------------------	--------------	------------------------------	-------------------------------	--------------------

(H an schwarzer Platte No. 5 — O an blanker Platte No. 2.)

10^h	$2'$	Geschlossen		$r + w$	$k - (p_A - p_0)$	$p_A - p_0$
11	26	19,03	$\sin 65^\circ 43'$	} 9,17		
	29	23,03	- 52 58		25,70	37,22
	33	27,03	- 45 19		25,74	37,18
	37	37,03	- 33 52		25,75	37,17
	42	57,03	- 23 7		25,99	36,93

(Batterie für sich.)

	Geschlossen		r	k
45'				
50	57,03	$\sin 82^\circ 34'$	} 6,42	62,92
55	77,03	- 48 56		

(H an blanker Platte No. 2 — O an schwarzer No. 5.)

12^h	$0'$	Geschlossen		$r + w$	$k - (p_A - p_0)$	$p_A - p_0$
43		19,03	$\sin 52^\circ 47'$	} 11,05	23,95	38,97
46		23,03	- 44 40			
50		27,03	- 38 55		24,48	38,44
53		37,03	- 30 29		24,39	38,53
58		57,03	- 21 29		24,93	37,99

Zeit	Außer- wesentlicher Widerstand	Stromstärke.	Wesentl. Wider- stand.	Elektromoto- rische Kraft.	Polari- sation.
------	--------------------------------------	--------------	------------------------------	-------------------------------	--------------------

(H an blanker Platte No. 2 — O an blanker No. 1.)

1 ^b 0'	Geschlossen		$r+w$	$k-(p_A-p_0)$	p_A-p_0
30	19,03	$\sin 50^\circ 4'$	} 9,09		
33	23,03	- 42 10		21,56	41,36
37	27,03	- 36 40		21,57	41,35
40	37,03	- 28 2		21,68	41,24
43	57,03	- 19 6		21,82	41,10

Zweite Reihe.

(H an schwarzer Platte No. 5 — O an schwarzer No. 8.)

9 ^b 55'	Geschlossen		$r+w$	$k-(p'_A-p'_0)$	$p'_A-p'_0$
10 58	19,03	$\sin 70^\circ 14'$	} 8,49		
2	23,03	- 55 15		25,90	35,76
5	27,03	- 46 57		25,96	35,70
8	37,03	- 34 58		26,09	35,57
12	57,03	- 23 47		26,42	35,24

(Batterie für sich.)

11 ^b 22'	Geschlossen		r	k	
27	57,03	- 80° 2'	} 5,58	61,66	
31	77,03	- 48 17			

(H an blanker Platte No. 2 — O an schwarzer No. 8.)

11 ^b 46'	Geschlossen		r	$k-(p_A-p'_0)$	$p_A-p'_0$
12 45	37,03	$\sin 29^\circ 55'$	} 10,84	23,93	37,63
48	27,03	- 38 40		23,66	37,90
51	23,03	- 44 3		23,55	38,01
55	19,03	- 52 1			

(Batterie für sich.)

12 ^b 56'	Geschlossen		r	k	
1 0	77,03	$\sin 48^\circ 11'$	} 5,56	61,56	
4	57,03	- 79 33			

(H an blanker Platte No. 2 — O an blanker No. 1.)

1 ^b 5'	Geschlossen		$r+w$	$k-(p_A-p_0)$	p_A-p_0
33	37,03	$\sin 27^\circ 54'$	} 10,07	22,04	39,52
37	27,03	- 36 20		21,98	39,58
41	23,03	- 41 34		21,96	40,60
45	19,03	- 49 0			

Aus der ersten Reihe ergibt sich für die

größeren Stromstärken:

$$p'_o = p_o + 2,39$$

$$p'_A = p_A - 4,14$$

kleineren Stromstärken:

$$p'_o = p_o + 3,11$$

$$p'_A = p_A - 4,17$$

aus der zweiten

$$p'_o = p_o + 1,89$$

$$p'_A = p_A - 1,97$$

$$p'_o = p_o + 1,59$$

$$p'_A = p_A - 2,87.$$

Diese Resultate bestätigen zwar die relative Schwäche der Polarisation bei platinirten Platinplatten, aber in Bezug auf die in Rede stehende Frage lassen sie allerdings viel zu wünschen übrig. Ich würde sie deshalb auch nicht vorgelegt haben, wenn ich bald an eine Wiederholung der Messungen denken könnte, und dabei hoffen dürfte die Schwierigkeiten besser zu bewältigen als in den eben mitgetheilten, die jedenfalls als Beispiel der Methode nicht ohne Interesse seyn werden.

Die Schwierigkeiten, die sich hier darbieten, liegen einerseits in der Bedingung, daß alle Platten eine normale Oberflächenbeschaffenheit besitzen, und andererseits in der, daß sie unter gleichen Umständen eine gleiche Polarisation erhalten. Beide Bedingungen sind ungemein schwer zu erfüllen. Die platinirten Platten (und eben so die blanken), die zu vorstehenden Messungen dienten, sind andere als sich in den früher angewandten Voltametern befinden, und, obwohl sie ihnen im Ansehen völlig gleich zu seyn scheinen, haben sie doch einen merklich höheren Grad von Polarisation angenommen wie diese. Auch sind sie wohl unter sich verschieden, wenigstens macht die Ungleichheit der entsprechenden Werthe von p'_o in beiden Reihen, von denen die ersteren mit Platte No. 8, die anderen mit Platte No. 5 erhalten wurden, dieß sehr wahrscheinlich, wenn anders vorausgesetzt werden kann, daß in beiden Reihen (die an zwei verschiedenen Tagen unternommen wurden) der einer jeden der beiden blanken Platten, No. 1 und No. 2, sich gleich blieb. Eine solche Ungleichheit muß nothwendig die Regelmäßigkeit der Resultate stören, und ihr Einfluß kann

nicht anders als durch mehrfache Combination der Platten entfernt werden, wobei aber die Schwierigkeit, unter gleichen Umständen eine gleiche Polarisation zu erhalten, nur desto stärker hervortritt.

Im Ganzen halte ich die zweite Reihe für zweckmäßiger angestellt als die erste, bei welcher das gemischte Plattenpaar blofs gegen die Stromesrichtung umgekehrt ward ¹⁾. Ich möchte daher glauben, ohne gerade sonderliches Gewicht auf die Zahlenwerthe zu legen, dafs die Resultate dieser Reihe der Wahrheit näher kommen als die der ersten. Wenn dem so ist, würde also für gröfsere Stromestärken die Polarisation bei beiden platinirten Platten in ziemlich gleichem Grade schwächer seyn als bei den blanken; für kleinere Stromestärken aber diejenige platinirte Platte, welche den Wasserstoff ausgiebt, gegen die blanke schwächer polarisirt seyn als die andere, den Sauerstoff liefernde platinirte Platte, verglichen mit der entsprechenden blanken. Auch nach der ersten Reihe würde die Platinirung hauptsächlich auf die Polarisation der das Wasserstoffgas entwickelnden Platte schwächend einwirken; da nun dieser Procefs, wie früher erwähnt, eine viel stärkere Absorption des Wasserstoffgases als des Sauerstoffgases veranlafst, so scheint es, als sey überhaupt die durch die Porosität der Oberfläche bedingte Absorption der Gase die nächste Ursache der Schwäche der Polarisation.

Bestätigt wird diels einigermafsen dadurch, dafs weder die nach De la Rive's Methode dargestellten *grauen* Platinplatten ²⁾, noch die nach Faraday's Vorschrift mit Aetz-

1) Ein sonderbarer Umstand bei diesem Plattenpaar ist es, dafs der Widerstand gröfser ausfiel, wenn der Sauerstoff an der platinirten Platte entwickelt wurde, als im umgekehrten Fall. Ich habe diels zu drei verschiedenen Malen beobachtet, will aber vor der Hand kein Gewicht darauf legen.

2) Annalen, Bd. 45, S. 416. — Zum Behufe der gegenwärtigen Untersuchung bereitete ich sie mir mittelst des durch den Inversor (Annalen, Bd. 45, S. 385) oscillirend gemachten Strom einer Batterie aus zwei Grove'schen Ketten. Möglich übrigens, dafs die angewandten Platten noch nicht dick genug mit dem grauen Pulver überzogen waren; denn

kali und concentrirter Schwefelsäure behandelten blanken Platten ¹⁾), obwohl sie, was *Reinheit der Oberfläche* betrifft, mit den schwarzen platinirten übereinkommen, und deshalb, wie letztere, bei der Wasserzersetzung beide Gase, namentlich das Wasserstoffgas, in feinen nicht adhären den Bläschen entweichen lassen, — doch nicht die Eigenschaft zeigen, die Gegenstand dieser Mittheilung ausmachten, jene blanken Platten vielmehr gerade eine recht starke Polarisation annehmen.

Das Verhalten des platinirten Platins bei der Polarisation, wirft einiges Licht auf den merkwürdigen Umstand bei der Grove'schen Gaskette, daß das Sauerstoffgas, welches die eine Platte umgiebt, so gut wie gar keinen elektromotorischen Einfluß auf dieselbe ausübt. Ich gedenke auf diese, schon von Schoenbein und Grove beobachtete, so wie auch von mir bereits vor einigen Jahren numerisch festgestellte Thatsache nächstens zurückzukommen; für heute will ich sie übergehen, um noch von einer anderen mir im Laufe dieser Untersuchung vorgekommenen Erscheinung zu reden.

Wie schon erwähnt und auch allgemein bekannt, zeigen blanke Platinplatten bei der Polarisation unter gewöhnlichen Umständen nichts, was auf eine Absorption oder ein ungleiches Festhalten der an ihnen entbundenen Gase hindeuten könnte. Es schien mir nicht unwahrscheinlich, daß sich in höherer Temperatur etwas dem Aehnliches zeigen möchte.

Demgemäß stellte ich folgenden Versuch an. Zwei, nach Faraday's Vorschrift wohl gereinigte blanke Platinplatten spannte ich in einen meiner Plattenhalter ²⁾), und hing sie mittelst desselben in ein über die Hälfte mit verdünnt-

bei Flächen von einiger Größe ist eine sehr lange Zeit erforderlich, um eine etwas dicke Schicht desselben zu bilden.

1) Annalen, Bd. 33, S. 163. — Man darf dabei die Erhitzung mit Aetzkali nicht zu weit treiben, weil sonst das Platin stark oxydirt wird.

2) Annalen, Bd. 52, S. 509.

er Schwefelsäure gefülltes Becherglas, so jedoch, daß sie noch beinahe einen Zoll vom Boden desselben entfernt blieben. Darauf verband ich die Platten mit einer galvanischen Kette, und erhitzte die Flüssigkeit, durch eine darunter gestellte Weingeistlampe, langsam bis zum anfangenden Sieden.

Wenn die Kette eine einfache Daniell'sche ist, zeigt sich nichts Bemerkenswerthes, es sey denn der Umstand, daß diese Kette, die bekanntlich bei gewöhnlicher Temperatur keine sichtbare Wasserzersetzung zwischen Platinplatten zu bewirken vermag, dieselbe auch nicht bei Siedhitze zu Stande bringen kann.

Anders verhält sich eine einfache Grove'sche Kette. Die schwache Wasserzersetzung, die sie bei gewöhnlicher Temperatur hervorbringt, nimmt bei etwa 70° bis 80° C. merklich an Stärke zu, und wenn die Kette fortwährend in Schließung bleibt, kommt endlich die Flüssigkeit an *beiden* Platten zum lebhaften Sieden, lange ehe Dampfblasen vom Boden des Gefäßes aus sich erheben. Man könnte diese Erscheinung mit der längst vom Platin bekannten Einwirkung auf das Sieden identificiren; allein sie fällt doch nicht mit dieser zusammen. Denn, wenn man die Kette öffnet, hört das Sieden auf, zum Beweise, daß es die schwache Gasentwicklung an den Platten ist, welche hier die Dampfbildung begünstigt.

Noch mehr zeigt sich dies, wenn man die Kette einige Zeit geöffnet läßt und die Flüssigkeit nahe am Siedpunkt erhält. Schließt man nun auf wenige Augenblicke, so findet eine stürmische Dampfentwicklung statt, so daß leicht ein Theil der Flüssigkeit überwallt, und diese Entwicklung verschwindet sogleich, so wie man wieder öffnet.

Aber die merkwürdigste Seite der Erscheinung tritt erst bei oftmaligem pausenweisen Schließen der Kette hervor. Anfangs zeigt sich bei diesem Verfahren, wie vorhin bei unterhaltener Schließung, die Dampfbildung in gleicher Stärke an *beiden* Platten; je öfter man aber das pausenweise Schließen wiederholt, je mehr zieht sich diese Bildung nach der

einen Platte hin, und endlich gelangt man zu einem Punkt, wo der Dampf so gut wie alleinig an dieser einen Platte entweicht, und es zweifelhaft wird, ob überhaupt an der andern Platte eine Entwicklung von Gas oder Dampf stattfindet.

Kehrt man nun die Richtung des Stromes um, so geht auch die Dampfbildung zu der anderen Platte über, und sie ist dann besonders beim ersten momentanen Schließens überaus heftig. Bei jeder Umkehrung des Stroms findet derselbe Wechsel statt; unterhält man etwa die Schließung längere Zeit, so fängt auch die andere Platte an Dampf zu entwickeln, und bald kommt ein Moment, wo der spezifische Unterschied beider Platten vollständig verwischt ist.

In der Regel ist die dampfbildende Platte diejenige, welche mit dem Platin der Kette in Verbindung steht, also Sauerstoff entbindet. In einigen Fällen habe ich freilich das Umgekehrte beobachtet; wenn ich aber eine Zeit lang so verfuhr, wie oben angegeben worden, kam immer die Dampfbildung auf die den Sauerstoff liefernde Platte zurück, und wenn einmal der Dampf solchergestalt mit dem Sauerstoff gepaart worden, folgte er ihm von der einen Platte zur andern, je nach der Richtung des Stroms.

Eine Batterie aus zwei Grove'schen Ketten zeigt im Wesentlichen dieselbe Erscheinung, nur wird sie durch die starke Wasserzersetzung versteckt; schwächt man aber den Strom durch Einschaltung einer hinreichenden Drahtlänge, so ist der Vorgang derselbe wie bei der einfachen Kette.

Platinirte Platten verhalten sich wie blanke; auch macht die Concentration der Säure keinen Unterschied; ich habe Säure angewandt, die wenig über 100° C. kochte, und andere, deren Siedpunkt bei 112° C. lag. In beiden Fällen war die Erscheinung dieselbe, die ich für jetzt übrigens nur als Thatsache hier niederlegen will.

Z u s a t z.

Vor etwa acht Tagen empfang ich von Hrn. Jacobi, in St. Petersburg, einen Brief, in welchem er mir eine von ihm entdeckte Thatsache mittheilt, die ich glaube, theils ihres Interesses, theils ihres Zusammenhanges mit meinen Beobachtungen wegen, hier nicht unberührt lassen zu dürfen.

Hr. J., schon längere Zeit im Besitz einer prächtigen, von Stöhrer, in Leipzig, construirten magneto-elektrischen Maschine, hatte vor Kurzem das dazu gehörige Voltameter erhalten, bestehend aus einer heberförmigen Röhre, in dessen einen, aufrechtstehenden Schenkel unten Platinplatten angeschmolzen sind. Sein erster Versuch war, die Maschine auf Wasserzersetzung zu prüfen. Er erhielt etwa 19 C. C. Knallgas in der Minute. Diese Gasmenge, die offenbar noch lange nicht bis zu den Platten hinabreichte, zeigte nun die Merkwürdigkeit, dafs sie nach einer (nicht näher angegebenen) Zeit so gut wie gänzlich verschwand, indem nur eine Luftblase von kaum 0,01 C. C. übrig blieb ¹⁾.

Diese Resorption ist offenbar, wie es auch die Petersburger Physiker annehmen, Folge der bekannten katalytischen Wirkung des Platins auf ein Gemisch von Sauer- und Wasserstoff; aber diese Wirkung war bisher nur auf die gasförmigen Körper bekannt, nicht oder nicht in dieser Weise auf die von einer Flüssigkeit gelösten, und sie ist hier um so auffallender, als einerseits Schwefelsäure von 1,3 spec. Gewicht angewandt ward, welche nach Faraday nur sehr wenig Knallgas lösen soll, und andererseits das über der Flüssigkeit befindliche Gas, besonders im Fortgang der Resorption einen beträchtlichen Abstand von den Platinplatten hatte; denn der senkrechte Schenkel des Voltameters war etwa 3 Decimeter oder 11 Par. Zoll hoch.

Natürlich mufste die Erscheinung mein besonderes Interesse erregen; ich beschlofs also sogleich sie zu wiederholen. Ich hatte mir, zur Zeit als ich die vorhin beschriebenen Eigenschaften des platinirten Platins kennen lernte,

1) Annalen, S. 105 des vorigen Hefts.

mehre Platten platinirt, unter andern auch die eines röhrenförmigen Voltameters, — hatte aber dasselbe bis dahin noch nicht in seiner neuen Form benutzt.

Offenbar mußte es sich in dieser Form als das geeignetste Instrument zur Wiederholung des von Hrn. Jacobi angestellten Versuches darbieten, und dieß fand sich auch bestätigt; denn als ich rasch 56 C. C. Knallgas darin entwickelt hatte, d. h. so viel, daß die Platten noch einen Zoll hoch von der Flüssigkeit bedeckt blieben, begann die Resorption sogleich mit ungemeiner Schnelligkeit, so daß im Umsehen einige Kubikcentimeter verschwunden waren. So wie die Flüssigkeit höher stieg, verlangsamte sich der Gang der Resorption, aber sie hörte nicht eher auf, bis alles Gas, bis auf etwa 1 C. C., welches vielleicht gemeine Luft seyn mochte, in der mehr als einen Par. Fuß hohen Röhre verschluckt war; dieß geschah nach einigen Stunden.

Man kann wohl billig fragen, wie es komme, daß eine so in die Augen fallende Erscheinung nicht schon längst beobachtet worden, da man doch hundert und aber hundert Mal Wasser zersetzt hat, da man die Wasserzersetzung durch die sorgfältigsten Messungen sowohl mit der Metallfällung als mit der magnetischen Stromstärke vergleichen, und immer beiden Wirkungen genau proportional gefunden hat.

Die Antwort darauf ist einfach die, daß die Erscheinung nicht unter allen Umständen auftritt, sondern nur bei Anwesenheit eines selten vorhandenen Zustandes der Oberfläche des Platins. Reinheit der Oberfläche ist wohl ein wesentliches Erforderniß, und diese besitzt das platinirte Platin in hohem Grade. Sie kann dem Platin theilweis auch durch Glühen gegeben werden, und vielleicht ist der Umstand, daß bei dem Stöhrer'schen Voltameter die Platten eingeschmolzen, also mindestens stark erhitzt wurden, die Ursache, daß dieselben in beschriebener Weise wirkten.

Ich habe mich übrigens durch directe Versuche überzeugt, daß das flaschenförmige Voltameter mit blanken Platinplatten, welches ich zu allen genaueren Messungen an-

wende, die in Rede stehende Absorption entweder gar nicht oder in höchst unbedeutendem Grade zeigt. Die damit gemachten Bestimmungen, wie es auch deren Uebereinstimmung mit den Angaben der Sinusbusssole und den Resultaten der Silberfällung erweist, sind also von dieser Fehlerquelle frei.

Dagegen findet sie sich allerdings bei dem ähnlich eingerichteten Voltameter mit platinirten Platten, dessen ich mich zu den in diesem Aufsatz beschriebenen Versuchen bedient habe. Trotz dem aber glaube ich, daß man mit diesem Instrument auch sichere Bestimmungen machen kann. Denn einmal scheint es nicht glaublich, daß, so lange der Strom wirkt, und besonders so lange er hinreichend stark ist, um eine beträchtliche Menge Gas zu entbinden, irgend eine erhebliche Resorption stattfinden könne. Und wenn dieß nicht der Fall ist, hat man auch keinen Fehler zu besorgen, denn die entwickelten Gase werden bei diesem Voltameter, wie bei dem eben erwähnten blanken, sogleich in die Mefsröhre abgeleitet, wo sie ganz von den Platinplatten gesondert sind ¹⁾).

Als ich mich dieser Tage von dem Resorptionsvermögen dieses Voltameters überzeugen wollte, und demgemäß, nach Unterbrechung des Stroms, die Ableitungsröhre mit ihrem unteren Ende in der Sperrflüssigkeit stehen liefs, was ich sonst, als überflüssig, nie zu thun pflege, hatte ich Gelegenheit eine recht interessante Erscheinung wahrzunehmen. — Ich sah nämlich, *daß die Resorption schon begann, während die positive Platte noch fortfuhr Sauerstoff*

- 1) Ein Versuch, den ich seitdem angestellt habe, scheint diese Ansicht zu bestätigen. Als ich nämlich das platinirte und das blanke Voltameter hinter einander in eine Batterie von drei Grove'schen Ketten eingeschaltet hatte und die Gase auffing, gab, unter gleichen Umständen des Drucks und der Temperatur in den

ersten 16' das blanke 336 C.C., das schwarze 332 C.C.

in späteren 16' das blanke 326 C.C., das schwarze 325 C.C.

Freilich blieben die platinirten Platten etwas zurück gegen die blanken, aber im letzteren Falle doch so wenig, daß man den Unterschied lieber auf Rechnung eines Zufalls als auf die einer Resorption setzen möchte.

zu entlassen. Es waren also im Voltameter zwei Processe zugleich in Thätigkeit, eine Bildung von Gas und eine Vereinigung von Gasen, von welchen der letztere den ersten überwog.

II. *Irisirendes Silber.*

Bekanntlich hat Sir D. Brewster i. J. 1829 die interessante Entdeckung gemacht, daß das Farbenspiel, welches die Perlmutter in Folge ihrer äußerst zart gefurchten Oberfläche darbietet, auf andere Körper, wie Blei, Zinn, leichtflüssiges Metallgemisch, schwarzes Siegelack u. s. w., übertragen werden kann, wenn man die Perlmutter darin abdrückt. Das somit auf leichtflüssigem Metallgemisch hervorgerufene Farbenspiel ist anfangs sehr lebhaft, verliert sich aber bald durch Oxydation der Oberfläche. Um es in dauerhafter Weise herzustellen, empfiehlt Hr. Brockelsby, zu Hartford in Connecticut, dasselbe mittelst des Galvanismus auf Silber zu übertragen. Zu dem Ende verfährt er so. Erstlich schleift und polirt er die Muschel auf der Rückseite, so daß die vielen concentrischen Schichten, aus denen sie besteht, bloßgelegt werden. Dann schmilzt er leichtflüssiges Metallgemisch, gießt es in Oelpapier aus, und wenn keine Luftblasen mehr zum Vorschein kommen, schiebt er mit einem Kartenblatt die Oxydhaut davon zurück, worauf er, sobald es einen vollkommenen Spiegel darstellt, die Perlmutter rasch darin abdrückt.

Nach dem Erkalten nimmt er die Muschel ab und wendet das Metall, noch ehe es an der Luft angelauten ist, in Cyansilberlösung als negativen Pol einer kleinen Batterie an, wo es sich mit einer Silberschicht überzieht, die nach einigen Stunden hinreichende Dicke besitzt, um mittelst eines Federmessers abgelöst zu werden. Die Oberfläche des Silbers stellt nun eine genaue und unveränderliche Copie der Perlmutter dar. (*Americ. J. of Sc. Ser. II, Vol. I, p. 112.*)

III. *Untersuchung über die strahlende Wärme;* *von H. Knoblauch.*

Erste Abhandlung.

Beschreibung der Instrumente.

Zu meinen Untersuchungen habe ich mich eines *Thermomultipliers* bedient, eines Instruments, das durch Becquerel ¹⁾, Nobili ²⁾ und Melloni ³⁾ eine so bewundernswürdige Vollendung erreicht hat, dafs ihm für Strahlungsversuche ein unbedingter Vorzug vor allen übrigen Thermoskopen eingeräumt werden mufs ⁴⁾.

Die Sicherheit dieses Apparats, welche ihm, neben seiner grofsen Empfindlichkeit, seinen eigentlichen Werth verleiht, beruht darauf:

- 1) dafs er, vermöge des Rufsüberzuges der Säule, für jede Art von Wärmestrahlen in gleichem Grade empfänglich ist,
- 2) dafs seine Angaben, nach Reduction der galvanometrischen Ablenkungen auf elektrische Kräfte ⁵⁾, als

1) Diese Annal., Bd. 9, S. 345; Bd. 17, S. 535; Bd. 39, S. 7. — Um die Litteratur für den Zweck dieser Annalen nicht zu weit auszudehnen, ist die Angabe der Original-Arbeiten in allen Fällen unterlassen worden, in denen hinreichende Belege in diesen und den Gilbert'schen Annalen enthalten sind. In anderen Fällen ist nur die wichtigste Schrift angeführt worden.

2) Diese Ann., Bd. 8, S. 338; Bd. 20, S. 213, 245; Bd. 36, S. 525, 539.

3) Diese Ann., Bd. 27, S. 439; Bd. 35, S. 118, 411, 549, 562; Bd. 38, S. 9; Bd. 39, S. 2 seqq.; Bd. 43, S. 264; Bd. 56, S. 370.

4) Ueber den Vergleich des Thermomultipliers mit anderen Thermoskopen s. insbesondere: diese Annal., Bd. 20, S. 247; Bd. 27, S. 443, 444, 455 seqq.; Bd. 35, S. 122, 548; Bd. 38, S. 17, 19; Bd. 39, S. 9; Bd. 52, S. 423, 427, 573, 584.

5) Becquerel: diese Ann., Bd. 9, S. 345; Bd. 56, S. 325. — Nobili: Bd. 20, S. 226 seqq., 232 seqq.; Bd. 56, S. 325. — Melloni:

Maafs der eingestrahnten Wärme betrachtet werden können, weil die Intensität des durch Temperaturdifferenz in der Säule erregten elektrischen Stromes, innerhalb der Gränzen dieser Versuche, jener Temperaturdifferenz proportional ist.

Die Richtigkeit des ersten Satzes ist von Melloni ¹⁾, die des zweiten durch Becquerel's ²⁾ und Melloni's ³⁾ Untersuchungen aufser Zweifel gestellt worden.

Die Thermosäule,

welche zu meinen Versuchen diente, besteht aus 25 Paaren von Wismuth- und Antimonstäben, deren jeder 35^{mm},5 lang, 2^{mm},3 breit und 1^{mm},5 dick ist. Sie sind, bis auf die Löthstellen sorgfältig von einander isolirt, in einen Messingring eingekittet, aus dem sie 5^{mm},5 weit hervorragen, indem sie fünf Reihen, jede zu fünf Paaren, bilden. Ihre Enden sind abgeschrägt, so dafs die Vorderfläche jedes Paares ein Rechteck von 2^{mm},1 und 1^{mm},0 Seite darstellt. Die Oberflächen der beiden Seiten der Säule sind einander völlig gleich und mit Rufs von gleichmäfsiger Dicke überzogen.

Die der Wärmequelle zugekehrte Seite ist mit einem polirten Metallcylinder von 30^{mm} Durchmesser und 60^{mm},9 Länge, die entgegengesetzte mit einem Cylinder von gleichem Durchmesser, aber nur 19^{mm} Länge versehen. Sowohl durch diese, als durch zweckmäfsig aufgestellte Schirme ist die Säule gegen jede Nebenstrahlung geschützt, so dafs sie aufser der Temperatur der umgebenden Luft, welche

Bd. 35, S. 128 bis 134, 395 seqq.; Bd. 38, S. 11 seqq., 14, 23; Bd. 39, S. 7, 8; Bd. 56, S. 326. — Petrina: Bd. 56, S. 328. — Poggen-dorff: Bd. 56, S. 324, 329 seqq.

1) Diese Ann., Bd. 35, S. 577; Bd. 39, S. 560, 564 bis 566; Bd. 44 S. 360; Bd. 48, S. 331; Bd. 49, S. 583; Bd. 52, S. 421 bis 443, 573 bis 577, 582, 584; Bd. 53, S. 54.

2) Diese Ann., Bd. 9, S. 345; Bd. 17, S. 543.

3) Diese Ann., Bd. 38, S. 11, 16, 19, 23; Bd. 39, S. 8, 565; Bd. 52, S. 574, 575.

von allen Seiten gleichmäfsig auf sie einwirkt, nur dem Einflufs der Wärmequelle ausgesetzt ist.

Die Leitungsdrähte, welche sie mit dem Multiplicator verbinden, werden mittelst Klemmschrauben an Kupferhülsen befestigt, in welche die Pole der Säule auslaufen.

Der Multiplicator

ist nach dem Nobili'schen Princip construiert, welches dem vorliegenden Zwecke mehr als andere neuerdings vorgeschlagene Einrichtungen zu entsprechen schien und sich in der mitzutheilenden Versuchsreihe vollkommen bewährt hat.

Ein Vorzug meines Instruments besteht darin, dafs sein Draht aus *galvanisch niedergeschlagenem* Kupfer gezogen ist, wodurch der störende Einflufs des in gewöhnlichen Leitungsdrähten enthaltenen Eisens ¹⁾ vermieden wurde. Das Ziehen selbst geschah zwar durch Stahl — statt dessen man einen Rubin hätte anwenden können —, indess ist nicht zu befürchten, dafs der Draht dadurch eisenhaltig geworden wäre, weil sich das Loch, durch welches er hindurchging, ganz mit Kupfer bedeckte und er überdies vor dem Besspinnen mit Seide sorgfältig in verdünnter Säure abgewaschen wurde. Wie weit der beabsichtigte Zweck auf diese Weise erreicht wurde, geht unter Anderem daraus hervor, dafs die Doppelnadel in dem gereinigten Kupferdraht nur 1°,5 — auf der einen oder anderen Seite — vom Nullpunkt der Scale entfernt blieb, während sie ihm in den Windungen eines gewöhnlichen Leitungsdrahts nicht weiter als auf 20° genähert werden konnte. Die geringe Abweichung von 1°,5, welche von dem Magnetismus des Kupfers ²⁾ herrührte, wäre zwar durch Zuwickeln des Spalts zwischen den Windungen ³⁾ zu vermeiden gewesen, indess liefsen dies andere Umstände nicht als wünschenswerth er-

1) Moser: *Dove's Repert.*, Bd. 1, S. 261.

2) H. Schröder: *diese Ann.*, Bd. 54, S. 59. — Poggendorff: Bd. 56, S. 339.

3) Pécelet: *Annal. de chim. et de phys.*, Ser. III, T. II, p. 103.

scheinen. Die Länge des Kupferdrahts, welcher die eine Nadel des astatischen Spiels in 160 Windungen umgiebt, beträgt $31^m,5$, seine Dicke $1^{mm},1$. Die mittlere Länge der Drahtwindungen ist $9^{cm} 2^{mm},5$, ihre Breite $4^{cm} 6^{mm},5$, ihre mittlere Entfernung von einander $15^{mm},0$. Die beiden gleichen Theile, aus denen der Galvanometerdraht besteht, und welche in einander geflochten die Windungen bilden, können entweder so mit einander verbunden werden, daß der Strom einen nach dem andern, also einfach die ganze Länge des Drahts durchläuft, oder so, daß er in beiden Theilen gleichzeitig ein- und austritt, mithin doppelt durch die halbe Länge hindurchgeht.

Die combinirten Magnetnadeln haben eine Länge von $7^{cm},0$, in der Mitte $1^{mm},1$ Durchmesser und sind $17^{mm},0$ weit von einander entfernt. Das Elfenbeinstäbchen, welches sie trägt, hängt an einem möglichst fein gespaltenen Coconfaden von 30^{cm} Länge. So bilden sie ein System, welches in 16 Secunden eine einfache Schwingung vollführt, und allmählig eine, durch die Torsion des Fadens und die Gesamtwirkung des Magnetismus der Nadeln ¹⁾ bedingte, fast constante Stellung von etwa 45° gegen den magnetischen Meridian annimmt. Die obere Nadel schwingt über einer, bei 90° durchschnittenen, galvanisch niedergeschlagenen Kupferscheibe von $8^{cm} 5^{mm},0$ Durchmesser, auf deren versilbertem Rande sich die Kreistheilung in Graden befindet.

Das Ganze umgiebt eine cylindrische Glasbüchse von 6^{cm} Höhe und 14^{cm} Durchmesser, deren obere Platte nur 1^{cm} von der Kupferscheibe entfernt ist, so daß sie ein sicheres Ablesen auf halbe Grade gestattet. In ihrer Mitte ist ein Glasrohr von $32^{cm},5$ Höhe und $22^{mm},4$ Durchmesser aufgesetzt, welches den Coconfaden umgiebt, der im oberen Theile desselben an einem 14^{cm} langen, in verticaler Richtung verschiebbaren und zugleich zur Arretirung der Nadeln dienenden Metallstabe befestigt ist.

Um

1) Moser: Dove's Repert., Bd. 1, S. 260.

Um das Instrument gegen alle Erschütterungen zu sichern, wurde es auf eine Console gestellt, welche durch Messinghaken an der Wand des Zimmers angebracht war. Die Drähte, welche es mit der Thermosäule verbinden, werden nicht unmittelbar an das Galvanometer, sondern an besondere feste Kupferhülsen angeschraubt, die mit den Enden der Windungen in beständiger Verbindung stehen.

Thermosäule und Multiplicator sind von Hrn. Kleiner, einem der geschicktesten Mechaniker Berlins, angefertigt.

Der Versuch überzeugte mich, dafs es bei Anwendung einer Säule von 25 Paaren vortheilhafter sey, den Strom einfach durch die ganze Länge des Galvanometerdrahts hindurchgehen zu lassen, als ihn doppelt durch die halbe Länge zu leiten. Denn dieselbe Wärmequelle, welche im ersten Falle eine Abweichung der Magnetnadel von 28° hervorbrachte, lenkte sie bei der zweiten Verbindung der Drähte nur um $26^{\circ},5$ ab; oder im ersten Falle um 37° , im zweiten um 35° ; oder im ersten um 51° , im zweiten um 48° .

Die erstere Art der Schließung ist daher während der ganzen Versuchsreihe beibehalten worden ¹⁾.

Ich übergehe die mannigfachen Schwierigkeiten, welche sich meinen Beobachtungen entgegenstellten, und eine lange Reihe vergeblicher Versuche nach sich zogen, durch die es mir endlich gelungen ist, den ganzen Umfang störender Einflüsse zu ermitteln, und, wie ich glaube, zu überwinden. Denn die Einwirkung localer Verhältnisse hat Jeder,

1) Dafs bei einem einfachen Paare, in dem der Leitungswiderstand der elektromotorischen Elemente gegen den des Schließungsdrahtes verhältnismäfsig gering war, gerade das Gegentheil stattfand, war eine einfache Folge des Ohm'schen Gesetzes. (Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet von Dr. G. S. Ohm. Berlin 1827.)

Die Beobachtung ergab in diesem Falle für eine gewisse Stärke thermoelektrischer Erregung eine Ablenkung der Nadel von 26° , wenn der Strom einfach die ganze Länge des Multiplicatordrahts durchlief; dagegen von 37° , wenn er gleichzeitig durch die beiden Theile der Windungen hindurchging; und bei einem andern Versuch im ersten Falle 36° , im zweiten 50° .

der sich mit diesen Untersuchungen beschäftigt, doch aus eigener Erfahrung kennen zu lernen, und zur Mittheilung der Nebenumstände, deren Berücksichtigung für die Beurtheilung der Resultate erforderlich ist, wird sich später Gelegenheit finden.

I. Ueber den Durchgang der strahlenden Wärme durch diathermane Körper, mit besonderer Rücksicht auf die Temperatur der Wärmequellen.

Die Resultate, zu denen die bisherigen Untersuchungen über den unmittelbaren Durchgang der strahlenden Wärme durch gewisse Körper geführt haben, lassen sich ¹⁾ kurz in folgende Sätze zusammenfassen:

- 1) Die Wärme durchstrahlt gewisse (diathermane) ²⁾ Substanzen ³⁾, und zwar in unmeßbarer Zeit ⁴⁾.
- 2) Für einen und denselben Körper ist die hindurchgelassene Wärmemenge desto größer, je glatter seine Oberfläche ist ⁵⁾.
- 3) Der Verlust, welchen die Wärme bei der Durchstrahlung einer Substanz erleidet, ist in dem Maasse

1) Abgesehen von Diffusion, Reflexion, Brechung und Polarisation.

2) Die von Melloni eingeführte *Terminologie der strahlenden Wärme* findet sich: diese Annal., Bd. 28, S. 373; Bd. 35, S. 295, 403, 536, 552, 566, 567; Bd. 43, S. 261; Bd. 48, S. 327; Bd. 49, S. 577, 578; Bd. 51, S. 85; Bd. 54, S. 601.

3) P. Prévost: *Journal de phys. par Delametherie. Ann.* 1811. — Delaroche: ebendas. *Ann.* 1812, T. LXXV. p. 201, Untersuchungen nach dem Verfahren von J. D. Maycock: Nicholson's *Journ., Vol. XXVI, May, June* 1810. — Melloni: diese Annal., Bd. 35, S. 124, 387, 565; Bd. 37, S. 209.

4) Melloni: diese Annal., Bd. 27, S. 444; Bd. 35, S. 387, 565; Bd. 38, S. 15.

5) Herschel: *Gilb. Annal.*, Bd. 12, S. 535, 540. — Melloni: diese Annal., Bd. 35, S. 277; Bd. 38, S. 44, 45.

geringer, als sie bereits größere Schichten dieser Substanz durchdrungen hat ¹⁾).

- 4) Die strahlende Wärme geht in ungleichem Verhältniß durch verschiedene Körper hindurch ²⁾. Dabei steht das Vermögen der Körper, sie hindurchzulassen, in keiner Beziehung zu ihrer Durchsichtigkeit ³⁾).
- 5) Strahlen einer und derselben Wärmequelle, welche nach einander verschiedene diathermane Substanzen durchdringen, erleiden dabei Verluste, welche nach der Natur dieser Körper verschieden und stets größer als die sind, welche sie beim Durchgange durch gleichartige Körper erfahren ⁴⁾).
- 6) Wärmestrahlen verschiedener Quellen, welche direct gleiche Temperaturerhöhungen hervorbringen, durchdringen eine und dieselbe Substanz in ungleichem Verhältniß ⁵⁾).

1) Delaroche: *Gilb. Annal.*, Bd. 46, S. 378. — Melloni: *diese Annal.*, Bd. 28, S. 372; Bd. 35, S. 278 bis 286, 389 bis 392, 529 bis 532, 551. — Melloni und Biot: *diese Annal.*, Bd. 38, S. 32 bis 50; Bd. 39, S. 250 bis 283, 436 bis 460, 544 bis 551. — Ausnahme beim Steinsalz, Melloni: *diese Annal.*, Bd. 28, S. 376; Bd. 35, S. 300, 301, 401.

2) Herschel: *Gilb. Annal.*, Bd. 12, S. 526 bis 540. — Maycock: *Nicholson's Journ.*, Vol. XXVI, p. 75, May, June 1810. — Prévost: *Journ. de phys. par Delametherie. Ann.* 1811. — Nobili und Melloni: *diese Annal.*, Bd. 27, S. 444; Bd. 36, S. 529. — Melloni: *diese Ann.*, Bd. 24, S. 640 seqq.; Bd. 28, S. 374, 638 seqq.

3) J. H. Lambert: *Pyrometrie*. Berl. 1779. S. 209, 210, 268. — Scheele: *Chemische Abhandlung von Luft und Feuer* (deutsch v. Leonhardi). Leipzig 1782. S. 59, 60. — Gahn: *diese Annal.*, Bd. 28, S. 375. — Pictet: *Essai sur le feu*. §. 52. — Herschel: *Gilb. Annal.*, Bd. 7, S. 151 bis 154; Bd. 12, S. 532 bis 539. — Delaroche: *Journ. de phys.* 1812. LXXV, p. 201. — Melloni: *diese Annal.*, Bd. 28, S. 373, 643; Bd. 35, S. 287, 288, 294 bis 296, 302, 385, 404, 407, 533, 537, 550, 565, 566; Bd. 37, S. 493, 496; Bd. 38, S. 28; Bd. 39, S. 15, 21, 30; Bd. 43, S. 284; Bd. 49, S. 578, 584, 586; Bd. 57, S. 303.

4) Melloni: *diese Annal.*, Bd. 28, S. 642; Bd. 35, 535 bis 543, 552, 566; Bd. 38, S. 40 seqq. — Forbes: *diese Ann.*, Bd. 51, S. 89 seqq.

5) Mariotte: *Traité (de la nature) des couleurs*. Paris 1686. Se-

Die Versuche, welche in dieser Beziehung von Delaroche und Melloni zum directen Vergleich des Durchgangs der Wärme verschiedener Quellen durch diathermane Körper angestellt wurden, schienen zu ergeben:

dafs die Fähigkeit der Wärme, diese Körper zu durchstrahlen, mit der Temperatur ihrer Quelle zunähme ¹⁾.

So fand Delaroche, dafs eine constante Anzahl von zehn Wärmestrahlen, welche einen Glasschirm durchdringt, bei einer Quelle von 357° unter 263 Strahlen

- - - - -	650	-	139	-
- - - - -	800	-	75	-
- - - - -	1760	-	34	-

bei einer frei brennenden Argand'schen Lampe 29 -

und bei einer mit einem Glasschornstein versehenen . . 18 -

enthalten sey; und Melloni beobachtete — um unter den vielen, von ihm aufgestellten Beispielen nur eins hervorzuheben — dafs

von 100 Wärmestrahlen, welche Kupfer bei 100° aussendet, 33

von 100 Wärmestrahlen erhitzten Kupfers bei 390° 42

von 100 Wärmestrahlen glühenden Platins . . . 69

von 100 Wärmestrahlen einer Locatelli'schen Lampe 78

durch eine Flussspathplatte von 2^{mm},6 Dicke hindurchgehen.

Nur zwei Beobachtungen machen von dem angeführten Satze eine Ausnahme. Reines Steinsalz wird nämlich, nach

conde partie, premier discours (à la fin). — Herschel: *Gilb. Annal.*, Bd. 12, S. 529 bis 531, 535. — Delaroche: *Gilb. Annal.*, Bd. 46, S. 378. — Baden Powell: *diese Annal.*, Bd. 21, S. 316. — Ritchie: *diese Annal.*, Bd. 28, S. 240. — Melloni: *diese Annal.*, Bd. 28, S. 239, 240, 641, 645; Bd. 35, S. 385 bis 394, 537 bis 541, 563, 567; Bd. 38, S. 4, 7, 26; Bd. 39, S. 262 bis 283, 436 bis 460, 544 bis 553; Bd. 48, S. 329; Bd. 49, S. 578 bis 580.

1) Delaroche: *Observations sur le calorique rayonnant. Journ. de phys. par Delametherie.* 1812. *LXXF*, p. 201. — Melloni: *diese Annal.*, Bd. 28, S. 240; Bd. 35, S. 390, 392, 393, 398, 400, 401, 551; Bd. 38, S. 21; Bd. 43, S. 21; Bd. 48, S. 327; Bd. 49, S. 577.

Melloni's Untersuchungen ¹⁾, von Wärmestrahlen jeder Quelle in gleicher Weise durchdrungen, und berufstes Steinsalz wird, nach Melloni ²⁾ und nach Forbes ³⁾, von der Wärme in desto höherem Grade durchstrahlt, je niedriger die Temperatur ihrer Quelle ist.

Melloni ⁴⁾ nimmt selbst eine frühere Bemerkung zurück, nach welcher die Wärme des glühenden Platins besser als die der Argand'schen Lampe durch schwarzes Glas hindurchgehen sollte ⁵⁾, und zeigt ⁶⁾, daß die Fälle, in denen Forbes ⁷⁾, außer dem angeführten Beispiel, einen besseren Durchgang der Wärme niederer Temperatur beobachtet haben will, nicht reine Resultate der Durchstrahlung ergeben hätten, in dieser Beziehung also nicht in Betracht kämen.

Die beiden bezeichneten Fälle stehen demnach vereinzelt einem scheinbar allgemeinen Gesetz gegenüber. Nur einer widerspricht ihm direct, und betrifft eine Substanz, welche sich in mannigfacher Beziehung von den übrigen diathermanen Körpern unterscheidet. Somit schien mir die Annahme eines Einflusses der Temperatur auf den Durchgang der Wärme durch diathermane Medien durch sie nicht hinreichend widerlegt zu seyn, und ich habe mich daher bemüht, auf experimentellem Wege die Frage zu entscheiden: *ob die Fähigkeit der Wärmestrahlen, gewisse Körper zu durchdringen, in wahrnehmbarer Beziehung zu der Temperatur ihrer Quelle stehe.*

1) Diese Annal., Bd. 35, S. 298, 299, 307, 401 bis 403, 412, 536, 550, 552, 561, 567, 578; Bd. 37, S. 491; Bd. 38, S. 28, 30; Bd. 39, S. 557; Bd. 43, S. 21, 284; Bd. 48, S. 327, 328; Bd. 49, S. 577.

2) Diese Annal., Bd. 48, S. 329, 330; Bd. 49, S. 578 bis 580; Bd. 53 S. 52.

3) Diese Annal., Bd. 51, S. 100, 101, 403.

4) Diese Annal., Bd. 35, S. 404, 405.

5) Diese Annal., Bd. 28, S. 645.

6) Diese Annal., Bd. 53, S. 59, 60.

7) Diese Annal., Bd. 51, S. 89 seqq., 98 bis 100, 104, 403.

Nach den ausgedehnten Untersuchungen, welche Melloni mit so großer Umsicht an den verschiedensten Körpern angestellt hat, konnte ich nicht erwarten, für die von ihm angewandten Wärmequellen neue Substanzen aufzufinden, welche sich in Betreff des Wärmedurchlasses dem berühmten Steinsalz anschließen würden. Daher zog ich es vor, statt der diathermanen Medien die Wärmequellen zu wechseln.

1. Ich bediente mich bei der ersten Versuchsreihe glühenden Platins, einer Alkoholflamme, einer Argand'schen Lampe und einer Wasserstoffflamme. Das erstere wurde ohne Flamme (der Davy'schen Entdeckung gemäß) ¹⁾ dadurch im Glühen erhalten, daß es den Docht einer Spirituslampe berührte, den es spiralförmig umgab. Die Alkoholflamme hatte einen gleichmäßig beschnittenen, nie verkohlenden Docht, der in die Flüssigkeit eintauchte, welche in einem Glasgefäße enthalten war. Die Argand'sche Lampe mit constantem Niveau, doppeltem Luftzug und cylindrischem Docht wurde ohne Schornstein angewandt. — Die Wasserstoffflamme brannte aus dem Rohre eines eigens dazu construirten Gasometers, der das Gas unter constantem Druck ausströmen liefs.

Die Unveränderlichkeit dieser Wärmequellen während des Versuchs wurde aufs Sorgfältigste geprüft. Man liefs sie natürlich nur so weit auf das Thermoskop einwirken, als sie dem Vergleich unterworfen werden sollten, indem man die Strahlen der zufällig mit erwärmten Theile durch polirte Metallschirme zurückhielt.

So unsicher auch directe Temperaturbestimmungen in dieser Beziehung seyn mögen, so werden doch alle Physiker darin übereinstimmen, daß der Wärmegrad einer rothglühenden Platinspirale geringer als der einer Alkoholflamme ist, welche denselben Draht zum Gelbglühen zu erregen vermag, und geringer als der einer Argand'schen Lampe, in der Kohle bis zum Weißglühen erhitzt wird. Ebenso

1) Mitgetheilt der *Lond. Roy. Society.* Jan. 23. 1817.

werden alle der Meinung seyn, dafs die Wasserstoffflamme ¹⁾ unter den genannten Wärmequellen die höchste Temperatur hat.

Es fragte sich jetzt, ob, dem von Delaröche ausgesprochenen Satze gemäß, die Wärme der Alkoholflamme und der Argand'schen Lampe verhältnißmäfsig besser als die des glühenden Platins, und die Wärme der Wasserstoffflamme besser als die der drei übrigen Quellen durch diathermane Körper hindurchgehen würde.

Die Erfahrung hat darüber in folgender Weise entschieden: Hatte das glühende Platin dergestalt auf die oben beschriebene Thermosäule eingestrahlt, dafs die Nadel des mit ihr verbundenen Multipliers auf 20° abgelenkt wurde, so ging diese auf 12° zurück, wenn man eine Platte farblosen Glases von 1^{mm},3 Dicke zwischen der genannten Wärmequelle und der Thermosäule einschaltete. Diese 12° entsprachen der durch das Glas hindurchgehenden Wärme. Hatte aber die Alkoholflamme durch unmittelbare Einwirkung auf das Thermoskop eine gleiche Ablenkung von 20° hervorgebracht, so wich die Nadel auf 11° zurück, wenn dieselbe Glasplatte an derselben Stelle eingeschoben wurde. Die Wärme der Alkoholflamme durchstrahlte mithin die Glasplatte in geringerem Grade als die des glühenden Platins. Die Wärme der Argand'schen Lampe, welche direct die Nadel ebenfalls auf 20° abgelenkt hatte, brachte dagegen, nach Zwischenstellung des Glases, eine Abweichung von 15° hervor. Strahlte endlich die Wasserstoffflamme dergestalt auf die Thermosäule ein, dafs sie die Galvanometernadel auf 20° ablenkte, so ging dieselbe beim Einschalten des Glasschirms auf 12° zurück.

Somit ergibt sich, dafs die Wärme der Wasserstoffflamme und des glühenden Platins, ungeachtet der grofsen *Verschiedenheit ihrer Temperatur*, in *gleichem* Grade fähig sind, eine Glasplatte von 1^{mm},3 Dicke zu durchdringen, dafs aber die Wärme der Alkoholflamme diese Fähigkeit in

1) Mitscherlich's Lehrbuch der Chemie, 3. Auflage, Th. I, S. 289 bis 290.

geringerem Grade als die des glühenden Platins besitzt, obgleich sie eine *höhere* Temperatur als das letztere hat, und die Wärme der Argand'schen Lampe in viel *höherem* Grade als die der Wasserstoffflamme, ungeachtet ihre Temperatur entschieden *niedriger* ist.

Vertauschte man, bei derselben directen Einwirkung der Wärmequellen, den Glasschirm mit einer Alaunplatte von 1^m,4 Dicke, so beobachtete man beim glühenden Platin einen Rückgang der Magnetnadel auf 8°,25; bei der Alkoholflamme auf 7°,5; bei der Argand'schen Lampe auf 10°,5 und bei der Wasserstoffflamme auf 7°,75.

Die Wärme der Wasserstoff- und Alkoholflamme geht also, bei *großem* Temperaturunterschiede, auf *gleiche* Weise durch die Alaunplatte hindurch, und die der Argand'schen Lampe, ja selbst die des glühenden Platins durchstrahlt dieselbe *reichlicher* als die Wärme der Wasserstoffflamme, ungeachtet sie einen bei weitem *geringeren* Wärmegrad haben.

Aehnliche Verhältnisse zeigte die Strahlung durch Gyps. Durch Kali- und Magnesia-Glimmer geht sogar die Wärme der Wasserstoffflamme schlechter als die der drei übrigen Quellen hindurch, eine Beobachtung, auf die ich besonders aufmerksam mache, weil sie den Erwartungen widerspricht, welche man sich nach einem von Melloni mit Glimmer angestellten Versuch ¹⁾ bilden mußte.

Die folgende Tafel enthält die Beobachtungen, welche sich beim Durchgange der Wärme durch die genannten und einige andere diathermane Körper für verschiedene directe Ablenkungen ergeben haben.

1) Diese Annal., Bd. 38, S. 21.

Dicke in Milli- metern.	Einge- schaltete Substan- zen.	Ablenkung durch directe Einstrahl.	Ablenkung nach dem Einschalten für:				Ablenkung durch directe Einstrahl.	Ablenkung nach dem Einschalten für:			
			Glühendes Platin.	Alkohol- flamme.	Argand'- sche Lampe.	Wasser- stoffflamme.		Glühendes Platin.	Alkohol- flamme.	Argand'- sche Lampe.	Wasser- stoffflamme.
1,5	Roths Glas	20°	11,25	10,75	14,25	12,00	22°	12,50	12,00	15,75	13,25
1,4	Blaues Glas		10,75	10,75	11,75	11,00		12,25	12,00	13,50	12,00
1,4	Alaun		8,25	7,50	10,50	7,75		8,25	8,00	10,50	8,00
0,2	Weißer Glimmer	20°	17,50	18,25	19,00	15,25	21°	18,25	18,75	19,25	16,50
0,1	Grüner Glimmer		17,75	18,25	17,75	16,25		18,75	19,50	19,00	17,50
1,3	Weißes Glas		12,00	11,00	15,00	12,00		12,75	11,00	15,50	13,00
4,4	Steinsalz	20°	16,50	15,50	17,00	15,75	21°	16,75	15,25	17,75	16,00
3,7	Kalkspath		8,25	8,00	12,50	8,50		9,00	8,50	14,00	9,50
1,4	Gyps		7,75	6,25	10,25	6,25		8,25	6,75	11,25	6,50
0,2	Glaspapier	20°	11,75	11,50	14,25	11,50	20°	11,50	11,75	14,25	11,50

1,5	Roths Glas	29°	15,75	14,75	19,75	15,50	35°	19,25	18,50	24,75	20,50
1,4	Blaues Glas		13,75	13,50	15,25	13,50		18,75	18,50	21,25	18,50
1,4	Alaun		9,75	8,75	12,25	8,50		13,75	13,25	17,00	13,50
0,2	Weißer Glimmer	25°	20,00	21,00	22,50	18,25	32°	26,25	28,75	29,75	25,75
0,1	Grüner Glimmer		20,50	21,75	20,75	19,00		27,75	29,50	28,00	26,50
1,3	Weißes Glas		14,25	13,50	17,75	14,25		19,00	16,25	22,00	19,00
4,4	Steinsalz	24°	20,75	18,75	21,75	20,50	29°	24,25	21,50	25,25	23,50
3,7	Kalkspath		10,75	8,75	16,00	10,50		12,00	11,50	20,25	12,50
1,4	Gyps		9,75	7,50	11,50	7,50		10,00	8,50	12,75	8,50
0,2	Glaspapier	24°	12,50	12,50	16,00	12,25	28°	14,25	14,25	18,50	14,00

1) Vielleicht mag es auffallend erscheinen, weshalb ich nicht, der größeren Uebereinstimmung wegen, für alle diathermanen Substanzen dieselben directen Ablenkungen am Thermoskop hervorgebracht habe. Der Grund davon ist der, daß ich mit dem Wasserstoffgas, welches die eine Flamme bildete, so sparsam als möglich seyn mußte, weil jede erneuerte Darstellung desselben die eigentliche Versuchsreihe eine geraume Zeit unterbrach und die Vergleichbarkeit ihrer Resultate störte. — Ich bin daher immer von der Ablenkung ausgegangen, welche die Strahlung der Wasserstoffflamme ohne langes Reguliren hervorbrachte, indem ich nach

Es geht daraus hervor, daß die Durchstrahlung der Wärme durch diathermane Körper in keinem einzigen der hier vorkommenden Fälle mit der Temperatur der Wärmequelle in Verhältniß steht.

2. Um den Versuch so rein als möglich anzustellen, beobachtete ich auch den Durchgang der Wärme, welche bei verschiedener Temperatur von *einem und demselben* Körper ausgestrahlt wird.

1) Ich bediente mich dazu für *niedere Wärmegrade* eines Leslie'schen Würfels ¹⁾ von 8^{cm} Seite, in dem ich Wasser bis zum Sieden erhitzte, und den ich darauf allmählig erkalten liefs. Die Abkühlung geschah dabei so langsam, daß die Temperatur des Würfels während der kurzen Zeit der Einschaltung einer diathermanen Substanz als constant betrachtet werden konnte.

Es ergab sich folgende Erscheinung: Brachte man durch Nähern des erkaltenden Würfels vor jeder Einschaltung dieselbe Ablenkung von 35° hervor, so ging die Nadel jedesmal z. B. auf 11° zurück, wenn man das farblose Glas von 1^{mm},3 Dicke zwischen der Wärmequelle und Thermosäule einstellte, wie auch die Temperatur der ersteren zwischen 30° R. und 80° R. seyn mochte. Die Wärme war also in gleichem Grade fähig, die Glasplatte zu durchdringen, welchen Wärmegrad der ausstrahlende Körper auch innerhalb der Gränzen haben mochte, auf welche sich diese Untersuchung erstreckte. Dabei war es gleichgültig, ob die ausstrahlende Fläche des Leslie'schen Würfels aus Metall

ihr die der übrigen Wärmequellen einrichtete. Zwar hätte ich die verschiedenen Beobachtungen durch Rechnung auf eine gemeinsame zurückführen können, indess habe ich dies zeitraubende Geschäft unterlassen, weil außer der eleganteren Form für das Resultat nicht das Mindeste dadurch gewonnen wäre.

Die obige Tabelle zeigt, daß das von mir angewandte Steinsalz nicht die Strahlen aller Wärmequellen auf gleiche Weise hindurch liefs, wie dies von Melloni an dem seinigen beobachtet worden ist.

1) J. Leslie: *An experimental inquiry into the nature and propagation of heat.* Lond. 1804. p. 6.

oder Glas bestand, ob sie mit Rufs, Wolle oder anderen Substanzen überzogen war.

Dasselbe zeigte sich bei allen übrigen diathermanen Körpern. So wich die Nadel jedesmal auf 18° zurück, wenn man, bei gleicher directer Ablenkung von 35° , weissen Glimmer von $0^{\text{mm}},2$ Dicke zwischen dem Leslie'schen Würfel und dem Thermoskop einschaltete, und jedesmal auf 20° , wenn man ihn mit grünem Glimmer von $0^{\text{mm}},1$ Dicke vertauschte. — Die folgende Tabelle wird dieß noch deutlicher darthun.

Ausstrahlende Fläche des Leslie'schen Würfels.	Entfernung derselb. von d. Thermosäule in rhein. Zoll.		Ablenkung nach dem Einschalten von:			Ausstrahlende Fläche des Leslie'schen Würfels.	Entfernung derselb. von d. Thermosäule in rhein. Zoll.	
	Temperatur des Leslie'sch. Würfels nach R.		rothem Glase 1mm,5.	blauem Glase 1mm,4.	Alaun 1mm,4.		Temperatur des Leslie'sch. Würfels nach R.	
1) Rufs.	8,5	30°	9,50	8,50	3,50	Rufs.	7,0	28°
Ablenkung	10,0	36	9,50	8,75	3,50	Ablenkung	8,5	34
durch directe	12,0	42	9,50	8,50	3,75	durch directe	13,5	50
Einstrahlung	13,5	52	9,75	8,50	3,50	Einstrahlung	15,0	67
35°.	16,0	80	9,50	8,50	3,50	35°.	16,5	80
2) Weisses Glas.	5,50	22°	9,50	8,50	3,50	Weisses Glas.	8,0	30°
Directe	7,00	32	9,50	8,50	3,50	Directe	10,5	42
Ablenkung	9,00	40	9,50	8,50	3,50	Ablenkung	12,0	49
35°.	12,00	56	9,75	8,75	3,50	35°.	14,5	59
	13,75	80	9,50	8,50	3,50		16,5	80
3) Schwarzes Papier.	7,0	28°	9,50	8,25	3,50	Rothe Wolle.	5,5	27°
Directe	9,5	39	9,75	8,50	3,50	Directe	10,0	42
Ablenkung	10,5	55	9,50	8,50	3,50	Ablenkung	11,5	50
35°.	11,5	61	9,50	8,50	3,50	35°.	13,5	57
	15,5	80	9,50	8,50	3,50		15,5	80

Somit ist es erwiesen, daß die Temperatur einer und derselben Wärmequelle innerhalb der Grenzen dieser Versuche, d. h. zwischen 25° R. und 80° R., auf den Durchgang der von ihr ausgestrahlten Wärme durch diathermane Substanzen nicht den mindesten Einfluss hat.

Ich muß hierbei noch einmal des schon oben (S. 216) erwähnten Versuchs von Melloni ¹⁾ gedenken, welcher zu zeigen schien, daß die Fähigkeit der Wärme, Glimmer zu durchstrahlen, selbst zwischen 50° C. und 100° C. mit der Temperatur der Wärmequelle zunähme. Da meine so eben angeführten Beobachtungen hiemit nicht übereinstimmen, habe ich sie so unzählig oft angestellt, daß mir über ihre Richtigkeit kein Zweifel geblieben ist. — So weit ich Melloni's Versuche wiederholt habe, ist dies übrigens der einzige Fall, welcher von den Resultaten dieses aus-

1) Diese Annal., Bd. 38, S. 21.

Ablenkung nach dem Einschalten von:			Ausstrahlende Fläche des Leslie'schen Würfels.	Entfernung d. d. Thermosäule in rhein. Zoll.		Ablenkung nach dem Einschalten von:			
weißem Glimmer 0mm,2.	grünem Glimmer 0mm,1.	weißem Glase 1mm,3.		Temperatur des Leslie'schen Würfels nach R.	Temperatur des Leslie'schen Würfels nach R.	Steinsalz 4mm,4.	Kalkspath 3mm,7.	Gyps 1mm,4.	Glaspapier 0mm,2.
18,00	20,25	11,00	Rufs.	9,5	36°	20,00	7,50	8,75	14,00
17,75	20,25	10,75	Ablenkung	10,5	40	19,75	7,50	8,50	14,25
18,00	20,00	10,75	durch directe	12,0	46	20,00	7,25	8,75	14,00
18,00	20,50	10,75	Einstrahlung	14,0	57	20,00	7,50	8,75	14,00
18,00	20,25	11,00	35°.	16,0	80	20,00	7,50	8,75	14,00
17,75	20,25	11,00	Weißes	6,50	28°	19,75	7,25	8,75	14,25
18,00	20,00	11,00	Glas.	9,50	39	19,75	7,25	8,50	14,25
18,00	20,00	11,00	Directe	10,00	45	20,00	7,50	8,75	14,25
17,75	20,25	11,00	Ablenkung	11,00	55	20,00	7,50	8,50	14,25
18,00	20,25	11,00	35°.	13,75	80	20,00	7,50	8,75	14,00
17,75	20,25	10,75	Schwarze	6,5	27°	20,00	7,50	9,00	14,25
18,00	20,50	10,50	Seide.	8,0	32	20,00	7,50	9,00	14,00
18,00	20,25	10,75	Directe	10,0	40	20,00	7,75	9,00	14,00
18,00	20,25	10,75	Ablenkung	12,0	48	19,75	7,75	9,00	14,25
17,75	20,25	10,75	35°.	18,0	80	20,00	7,50	8,75	14,25

gezeichneten Physikers abweicht, den ich mit der größten Bewunderung verehere.

2) Es fragte sich, wie sich die von einem und demselben Körper ausgestrahlte Wärme bei *Temperaturen über 80° R.* hinsichtlich ihres Durchgangs durch diathermane Körper verhalten würde.

Um dies zu untersuchen, steckte ich einen Cylinder von schwarzem Eisenblech, Kupfer oder Messing, 17^{cm} hoch und 3^{cm} im Durchmesser über die Flamme einer Argand'schen Lampe, durch welche ich ihn zu verschiedenen, hinreichend constanten Wärmegraden erhitzen konnte. Zwar besaß ich kein Mittel, diese während der Versuche in üblichen Thermometergraden zu bestimmen, indess gab die Säule selbst Temperaturerhöhungen und Erniedrigungen mit der größten Sicherheit an, was zur Entscheidung der Frage, um welche es sich hier handelte, vollkommen ausreichte.

Bei der Durchstrahlung zeigte sich, daß die bei gesteigerter Temperatur vom Metallcylinder ausgesandte Wärme durch einige Substanzen relativ besser, durch andere in demselben Verhältniß wie die bei geringerer Erhitzung ausgestrahlte hindurchging.

So wich die durch unmittelbare Einstrahlung auf die Säule zu 35° abgelenkte Galvanometernadel beim Einschalten des farblosen Glases auf 11° zurück, wenn der Cylinder 9 Zoll vom Thermoskop entfernt war, aber nur auf 13°, wenn er eine so hohe Temperatur hatte, daß man ihn zur

Ausstrahlen- der Metall- cylinder.	Entfernung desselb. von d. Thermosäule in rhein. Zoll.		Ablenkung nach dem Einschalten von :			Ausstrahlen- der Metall- cylinder.	Entfernung desselb. von d. Thermosäule in rhein. Zoll.	
	Ungefähre Bestimmung seiner Temperatur nach R.		rothem Glase 1mm,5.	blauem Glase 1mm,4.	Alaun. 1mm,4.		Ungefähre Bestimmung seiner Temperatur nach R.	
Eisencylinder.	7,0	unt. 90°	9,50	8,75	3,50	Eisencylinder.	8,0	unt. 90°
Ablenkung	12,5	—	9,75	8,75	3,75	Ablenkung	10,0	—
durch directe	14,5	—	9,50	8,50	3,50	durch directe	14,5	—
Einstrahlung	24,0	üb. 90°	10,25	9,25	3,50	Einstrahlung	24,0	üb. 90°
35°.	33,5	—	10,25	9,25	3,50	35°.	38,5	—
Kupfercylinder.	10,0	unt. 90°	9,50	8,50	3,50	Messingcylinder.	9,0	unt. 90°
der.	15,0	—	9,25	8,50	3,50	der.	11,0	—
Directe	20,0	—	9,50	8,50	3,75	Directe	15,0	—
Ablenkung	30,0	üb. 90°	10,00	9,25	3,50	Ablenkung	24,0	üb. 90°
35°.	38,0	—	10,50	9,50	3,50	35°.	36,0	—
Eisencyl. Dir.	10,0	unt. 90°	15,00	14,50	12,50	Eisencyl. Dir.	10,0	unt. 90°
Ablenk. 40°.	30,0	üb. 90°	15,75	15,25	12,25	Ablenk. 40°.	31,0	üb. 90°

Die darin angegebenen Entfernungen des erhitzten Cylinders vom Thermoskop lassen die bedeutende Steigerung der Erwärmung deutlich erkennen. In dem Moment, in welchem die an einigen diathermanen Körpern beobachtete Aenderung des Wärmedurchgangs eintrat, mochte seine Temperatur etwa 90° R. betragen. Auch bei seiner größten Erhitzung war selbst im Dunklen keine Spur von Glühen bemerkbar.

3) Es blieb noch übrig den Durchgang der Wärme zu

Hervorbringung einer gleichen Ablenkung von 35° auf 36 Zoll entfernen mußte.

Beim grünen Glimmer erhielt man im ersten Fall einen Rückgang der Nadel auf $20^{\circ},25$, im letzteren auf 26° . — Dagegen ging die Nadel unter allen Umständen auf $3^{\circ},5$ zurück, wenn die $1^{\text{mm}},4$ dicke Alaunplatte, und auf $8^{\circ},5$, wenn Gyps von gleicher Dicke zwischen der Wärmequelle und Thermosäule eingeschaltet wurde.

Die nachfolgende Zusammenstellung enthält die Details der Beobachtungen.

Ablenkung nach dem Einschalten von:			Ausstrahlender Metallcylinder.	Entfernung desselb. von d. Thermosäule in rhein. Zoll.	Ungelähre Bestimmung seiner Temperatur nach R.	Ablenkung nach dem Einschalten von:			
weißem Glimmer $0^{\text{mm}},2$.	grünem Glimmer $0^{\text{mm}},1$.	weißem Glase $1^{\text{mm}},3$.				Steinsalz $4^{\text{mm}},4$.	Kalkspath $3^{\text{mm}},7$.	Gyps $1^{\text{mm}},4$.	Glaspapier $0^{\text{mm}},2$.
18,00	20,25	11,00	Eisencylinder.	9,5	unt. 90°	20,25	7,50	8,75	14,25
18,00	20,50	11,00	Ablenkung	16,0	—	20,25	7,50	8,75	14,25
18,75	21,50	11,00	durch directe	24,0	—	22,25	7,50	9,00	14,25
21,00	24,00	11,50	Einstrahlung	26,0	üb. 90°	22,25	7,50	8,75	14,25
24,00	26,50	12,50	35° .	34,0	—	23,75	8,00	8,75	14,25
18,00	20,25	11,00	Kupfercylinder.	14,5	unt. 90°	20,00	7,50	8,75	14,25
18,00	20,25	11,00	der.	16,0	—	20,25	7,50	8,75	14,25
20,25	22,50	11,50	Directe	20,0	—	20,25	7,50	8,50	14,25
20,75	23,50	11,50	Ablenkung	31,5	üb. 90°	21,75	7,75	8,50	14,25
23,50	26,00	13,00	35° .	39,5	—	22,75	7,75	8,50	14,25
22,50	25,00	13,00	Eisencyl. Dir.	9,0	unt. 90°	28,75	9,50	11,25	19,50
28,00	31,50	15,00	Ablenk. 40° .	35,5	üb. 90°	32,50	9,50	11,00	19,25

untersuchen, welche von einem und demselben Körper in *verschiedenen Stadien des Glühens* ausstrahlt. Zu dem Ende erhitzte ich eine Platinspirale über dem Schornstein einer Berzelius'schen Lampe zum Roth-, Gelb- und Weißglühen. Der sichtbare Theil der Alkoholflamme erhob sich dabei nie über den Metallcylinder der Lampe, vor dessen Strahlen die Thermosäule durch polirte Schirme von verzinnem Eisen geschützt war.

Die Beobachtung zeigte, dafs, wenn die directe Ein

strahlung jeder der genannten Wärmequellen auf die Thermosäule die Multiplicatornadel um 35° abgelenkt hatte, die durch farbloses Glas hindurchgehende Wärme beim dunklen erhitzten Platin eine Ablenkung von $10^{\circ},5$; beim rothglühenden von $17^{\circ},25$; beim gelbglühenden von $17^{\circ},25$ und beim zum Theil weifsglühenden von $21^{\circ},12$ hervorbrachte.

Die Strahlen des roth- und gelbglühenden Platins durchdringen also bei grossem Temperaturunterschiede farbloses Glas in völlig gleichem Verhältnifs. Vertauschte man dasselbe mit der bereits mehrerwähnten Alaunplatte, so erhielt man für das dunkle Platin eine Abweichung der Nadel von $10^{\circ},2$; für das rothglühende von $11^{\circ},4$; für das gelbglühende von $9^{\circ},1$ und für das zum Theil weifsglühende von $12^{\circ},4$. Die Wärme des gelbglühenden Platins durchstrahlt also die Alaunplatte in geringerem Grade als die des rothglühenden, ja selbst als die des dunklen erhitzten Platins, ungeachtet seiner bei weitem höheren Temperatur.

Dasselbe ist beim Gyps der Fall. Durch Glimmer geht die Wärme des dunklen Platins am schlechtesten, verhältnifsmässig besser die des rothglühenden, noch besser die des gelbglühenden, am besten die des weifsglühenden Platins. — Mithin kommen, unabhängig von der Temperatur der Wärmequelle, alle möglichen Fälle vor. Die nachstehende Tafel enthält die Beobachtungen darüber:

Dicke in Millimetern.	Eingeschaltete Substanzen.	Ablenkung durch directe Einstrahlung.	Ablenkung nach dem Einschalten für:			
			dunkles erhitzen Platin.	rothglühendes Platin.	gelbglühendes Platin.	zum Theil weißglühendes Platin.
1,5	Roths Glas	20°	7,75	9,50	9,00	11,00
1,4	Blaues Glas		7,37	8,70	7,87	9,50
1,4	Alaun		6,37	6,50	4,50	7,50
0,2	Weißer Glimmer	20°	12,75	16,50	17,25	17,75
0,1	Grüner Glimmer		13,75	16,87	17,50	17,75
1,3	Weißes Glas		6,12	10,37	10,37	12,50
4,4	Steinsalz	20°	13,50	16,62	15,50	16,88
3,7	Kalkspath		5,75	8,50	7,00	10,37
1,4	Gyps		6,20	6,50	3,12	7,00
0,2	Glaspapier	20°	9,62	10,50	11,00	12,00
1,5	Roths Glas	35°	12,50	18,40	17,31	21,31
1,4	Blaues Glas		11,75	16,44	15,20	18,40
1,4	Alaun		10,20	11,40	9,10	12,40
0,2	Weißer Glimmer	35°	20,25	27,44	29,50	30,60
0,1	Grüner Glimmer		23,10	28,50	29,94	30,81
1,3	Weißes Glas		10,50	17,25	17,25	21,12
4,4	Steinsalz	35°	24,26	29,60	28,95	30,25
3,7	Kalkspath		9,07	14,15	12,55	17,00
1,4	Gyps		9,81	11,80	9,50	12,70
0,2	Glaspapier	35°	15,12	17,25	18,12	19,12
1,5	Roths Glas	40°	13,00	19,00	18,00	23,12
1,4	Blaues Glas		12,25	17,12	16,50	19,62
1,4	Alaun		11,25	11,50	10,00	12,50
0,2	Weißer Glimmer	40°	24,50	32,50	34,75	35,62
0,1	Grüner Glimmer		27,50	33,62	35,00	35,75
1,3	Weißes Glas		12,25	20,75	20,88	24,88
4,4	Steinsalz	40°	30,00	35,25	34,25	35,75
3,7	Kalkspath		10,50	15,75	15,00	20,00
1,4	Gyps		12,00	12,87	11,75	15,12
0,2	Glaspapier	40°	18,25	20,62	21,75	23,25

Die Zahlen, welche der directen Ablenkung von 20° angehören, sind arithmetische Mittel aus je zwei Beobachtungen, die Angaben für 35° aus je vier, die für 40° wieder aus je zwei Untersuchungen. Die Resultate der einzelnen auf diese Weise vereinigten Reihen stimmten so vollkommen mit einander überein, daß die mitgetheilten Zahlen bis auf halbe Grade als sicher betrachtet werden können.

Sonach ist es durch die Beobachtung über alle Zweifel erhoben, *dafs der Durchgang der strahlenden Wärme durch diathermane Körper nicht, wie es nach früheren Versuchen schien, in directem Zusammenhange mit der Temperatur ihrer Quelle steht, sondern nur von der Beschaffenheit der diathermanen Substanz abhängt, welche von gewissen Wärmestrahlen in höherem Grade als von anderen durchdrungen wird, diese mögen bei niederer oder höherer Temperatur entstanden seyn* ¹⁾).

Dafs man es in den mitgetheilten Fällen in der That mit frei durchstrahlender Wärme zu thun hatte, wird aus folgenden Bemerkungen mit Sicherheit hervorgehen:

1) Hat die Nadel des Multiplicators nach dem Einschalten eines der genannten Körper zwischen Wärmequelle und Thermosäule eine bestimmte Ablenkung erreicht, und entfernt man darauf die Wärmequelle, während die eingeschaltete Substanz eine unveränderte Stellung zur Säule

1) Die Durchstrahlung durch *berufstes Steinsalz* gab mir bei Anwendung eines Leslie'schen Würfels von 80° R., rothglühenden Platins, einer Alkoholflamme und einer Argand'schen Lampe folgende Resultate:

Dicke in Millimetern.	Eingeschaltete Substanz.	Ablenkung durch directe Einstrahlung.	Ablenkung nach dem Einschalten für:				Ablenkung durch directe Einstrahlung.	Ablenkung nach dem Einschalten für:			
			Wärmequelle von 80° R.	Glühendes Platin.	Alkoholflamme.	Argand'sche Lampe.		Wärmequelle von 80° R.	Glühendes Platin.	Alkoholflamme.	Argand'sche Lampe.
2,9	Berufstes Steinsalz	20°	13,00	11,75	11,75	10,00	25°	14,25	13,75	13,50	12,00
2,9	Berufstes Steinsalz	30°	16,75	16,50	16,25	13,75	35°	20,25	19,50	19,25	16,50

Die Wärme des glühenden Platins und der Alkoholflamme, deren Temperaturen unzweifelhaft verschieden sind, durchstrahlen also das berufste Steinsalz in gleicher Weise, während die Wärme der Quelle von 80° R. — der Melloni'schen Entdeckung gemäß — besser als die der Argand'schen Lampe durch dasselbe hindurchgeht.

behält, so kehrt die Nadel in derselben Zeit auf denselben Punkt zurück, wie hoch auch ihre Ablenkung gewesen seyn mag. Diese rührt also nicht von der eigenen Erwärmung des zwischengestellten Körpers her.

2) Rückt man die Thermosäule aus dem Bereiche der geradlinigen Strahlung der Wärmequelle, während sie eine constante Entfernung von der eingeschalteten Substanz behält, die den Wärmestrahlen ausgesetzt bleibt, so kehrt die Nadel sogleich auf denselben Punkt zurück, den sie beim Entfernen der Wärmequelle einnimmt; ein neuer Beweis, daß die beobachtete Ablenkung nicht der von jener Substanz absorbirten Wärme zuzuschreiben ist.

3) Fast bei allen zur Untersuchung angewandten Körpern vermindert sich die Angabe des Thermoskops, wenn man dieselben auf beiden Seiten mit Ruß überzieht, also ihre Absorptions- und Ausstrahlungsfähigkeit auf Kosten der Durchstrahlung steigert.

4) Schaltet man sie in ihrem gewöhnlichen Zustande vor der Thermosäule ein, so geht die Nadel auf einen Punkt zurück, den sie innerhalb der Beobachtung nicht verläßt, während jedesmal eine Steigerung dieser Ablenkung wahrgenommen wird, wenn jene Substanzen beruht sind, und sich in Folge dessen durch Absorption in immer höherem Grade erwärmen.

Ueberdies stimmen meine Angaben, so weit sie vergleichbar sind, vollkommen mit Melloni's überein, welcher sich bei seinen Beobachtungen zum Theil auf dieselbe Weise ¹⁾ davon überzeugt hatte, daß die von den eingeschalteten Substanzen ausgestrahlte Wärme gegen die von ihnen hindurchgelassene verschwindet.

Eine *diffuse* Durchstrahlung kann in den besprochenen Fällen nicht stattgefunden haben, da die diathermanen Körper sämmtlich so glatt als möglich polirt waren.

Auf ihre Dicke kam es natürlich nicht an, da sie nicht

1) Diese Annal., Bd. 28, S. 644, 646; Bd. 35, S. 119 bis 127, 387, 388, 565; Bd. 37, S. 207, 208, 495, 496; Bd. 38, S. 24 bis 26; Bd. 43, S. 33, 34.

unter sich verglichen werden sollten, sondern nur zur Untersuchung der Wärmequellen dienten.

Dafs die *verschiedene Form und Gröfse der verglichenen Wärmequellen* an sich keine Verschiedenheiten bei der Durchstrahlung herbeiführten, haben directe Versuche erwiesen. Denn es hat sich gezeigt, dafs die durch directe Einstrahlung auf die Säule zu 50° abgelenkte Multiplicatornadel jedesmal bei der Zwischenstellung des rothen Glases auf 21°,25 bis 21° zurückging, man mochte einen Leslie'schen Würfel von 4^{cm}, 8^{cm} oder 15^{cm} 7^{mm} Seite, oder einen Cy-

Dicke in Millimetern.	Eingeschal- tete Substanzen.	Ablenkung durch directe Einstrahlung.	Ablenkung nach dem Einschalten für:			
			einen Leslie'schen Würfel von			einen Cylinder von 17 ^{cm} Höhe und 3 ^{cm} Durch- messer.
			4 ^{cm} Seite.	8 ^{cm} Seite.	15 ^{cm} 7 ^{mm} Seite.	
1,5	Roths Glas	50°	21,00	21,25	21,00	21,00
1,4	Blaues Glas		20,50	20,25	20,25	20,50
1,4	Alaun		14,00	14,25	14,00	14,25

Die durch directe Einstrahlung hervorgebrachte Ablenkung der Galvanometernadel, auf deren Constanz die Sicherheit aller angeführten Vergleiche beruhte, wurde vor jeder neuen Einschaltung einer diathermanen Substanz controlirt.

Nur je drei der letzteren wurden nach einander zur Untersuchung der verschiedenen Wärmequellen angewandt, so dafs die zusammengehörigen Beobachtungen, deren jede 1,5 bis 2 Minuten erforderte, nie eine Zeit überschritten, in der nicht alle Umstände des Experiments als hinreichend constant hätten betrachtet werden können ¹⁾.

1) Daher dürfen aber die angeführten Zahlen in diesen wie in allen spä-

linder von 17^{cm} Höhe und 3^{cm} Durchmesser als Wärmequelle von 80° R. anwenden. Ebenso erhielt man, bei gleicher directer Ablenkung von 50°, für dasselbe Glas immer einen Rückgang der Nadel auf 31°,5, man mochte sich einer kleinen gläsernen Alkohollampe oder einer großen Berzelius'schen bedienen, und dieselbe Ablenkung von 37°,5 sowohl für die kleine Flamme eines Wachslichts als für die große einer Argand'schen Lampe.

Die folgende Uebersicht, welche arithmetische Mittel aus je drei Beobachtungen enthält, beweist, daß dies auch bei andern diathermanen Körpern der Fall war.

Ablenkung durch directe Einstrahlung.	Ablenkung nach dem Einschalten für:				Ablenkung durch directe Einstrahlung.	Ablenkung nach dem Einschalten für:			
	eine kleine Alkohol- flamme.	die große Flamme einer Berzelius'schen Lampe.	die kleine Flamme eines Wachslichts.	die große Flamme einer Argand'schen Lampe.		eine kleine Alkohol- flamme.	die große Flamme einer Berzelius'schen Lampe.	die kleine Flamme eines Wachslichts.	die große Flamme einer Argand'schen Lampe.
50°	31,50	31,50	37,50	37,50	60°	39,42	39,70	45,20	45,30
	30,00	30,00	33,00	33,00		37,80	37,70	41,00	41,00
	15,25	15,50	24,00	24,00		23,92	23,42	32,92	33,00

Um diese Gleichmäßigkeit so viel als möglich zu erhalten, behielt die Thermosäule eine unveränderte Stellung, während man ihr die Wärmequelle mehr oder weniger näherte, bis die zum Vergleich dienende constante Ablenkung durch directe Einstrahlung hervorgebracht war.

Die diathermanen Körper aber wurden stets an derselben Stelle hinter einem Diaphragma in constanter Entfernung vom Thermoskop eingeschaltet.

terem Fällen auch nur so weit verglichen werden, als ich sie selbst in Beziehung zu einander gebracht habe.

II. Ueber die Erwärmung der Körper durch strahlende Wärme.

Es ist eine, seit längerer Zeit bekannte, durch eine ausgedehnte Reihe von Beobachtungen erwiesene Thatsache:

1) dafs sich verschiedene Substanzen unter den Strahlen einer und derselben Wärmequelle in ungleichem Grade erhitzen ¹⁾,

2) dafs die Höhe dieser Erwärmung bei jeder einzelnen von der Beschaffenheit ihrer Oberfläche abhängt ²⁾.

- 1) R. Boyle. 1663. *Works. By Birch. London 1772. T. I, p. 725.* — Hooke: *Birch, History of the Roy. Soc., IV, p. 175.* — Watson: *Philos. Trans. abridg. T. VIII, p. 371.* — Franklin 1761. *Letters on philos. subjects, p. 56.* — P. van Musschenbroek: *Introductio ad philos. natur. Lugduni Batavor. 1762. T. II (de Igne), p. 641, 651 bis 653.* — Rozier. 1764. *Journ. de phys., T. III, p. 183.* — Scheele. 1777. *Chemische Abhandlung von Luft und Feuer, S. 60, 77.* — Dalencé: *Lambert's Pyrometrie, S. 152.* — Pisto: *ebendas. S. 153.* — J. H. Lambert. 1772. *Ebendas. S. 153 bis 155, 162, 205, 210.* — Pictet: *Essai sur le feu, §. 54. 57, 58, 60, 62, 83, 85.* — Cavallo: *Philos. Transact. f. 1792.* — Sir Humphry Davy: *Gilb. Ann., Bd. 12, S. 578.* — J. A. Schmidt Müller. 1801. *Gilb. Annal., Bd. 14, S. 306 seqq.* — H. C. Englefield Bart.: *Gilb. Annal., Bd. 12, S. 402, 404.* — Rumford Count.: *Mémoires sur la chaleur. Par. 1804. Deutsche Uebersetzung. Weimar 1805. S. 72, 111 seqq., 199 seqq.* — *Gilb. Annal., Bd. 17, S. 41.* — J. Leslie: *An experim. inquiry into the nat. and propag. of heat. Lond. 1804. p. 35, 36.* — C. W. Boeckmann: *Gilb. Annal., Bd. 10, S. 339 seqq.; Bd. 17, S. 122 bis 125.* — Alex. v. Humboldt: *Reise in die Aequinoctial-Gegenden des neuen Continents in den Jahren 1799 bis 1804. Stuttg. und Tüb. 1815 bis 1826. Th. 4, S. 25.* — L. W. Gilbert. 1817. *Gilb. Annal., Bd. 55, S. 50.* — E. Home: *Philos. Transact. f. 1821, Part. I.* — Baden Powell: *Annal. of Philos. 1824. T. VII, p. 324, 401; T. VIII, p. 81, 287.* — R. W. Fox: *Philos. Magaz. or Annals of Chemistry etc. 1832. Vol. XI, p. 347.* — J. Starck: *Philos. Transact. f. 1833, P. II, p. 285.* — Prüfung von A. D. Bache: *Journal of the Franklin Institute. Novemb. 1835.* — Nobili und Melloni: *diese Annal., Bd. 27, S. 451 bis 455.* — Melloni: *diese Annal., Bd. 35, S. 573, Bd. 39, S. 562.* — Edwin C. Leedom. 1846. *Silliman's American Journ. second. ser., Vol. I, p. 28, 29.*

- 2) Sir H. Davy: *Elements of chemical philos., Lond. 1812. T. I. —*

Neuere Versuche von Baden Powell ¹⁾ und Melloni ²⁾ haben ergeben:

3) daß ein und derselbe Körper von Wärmestrahlen verschiedener Quellen, welche direct gleiche Wirkung auf ein berufstes Thermoskop (s. ob. S. 205) ausüben, ungleichmäÙig erwärmt wird.

Unter den Beobachtungen, welche ich selbst in dieser Beziehung angestellt habe, will ich nur zwei besonders charakteristische hervorheben.

Ueberzog ich eine Metallscheibe auf einer Seite mit Carmin, auf der andern mit Ruß, und setzte sie unmittelbar vor der Thermosäule dergestalt den Strahlen einer Argand'schen Lampe aus, daß die Carminfläche der Wärmequelle, die berufste der Säule zugekehrt war, so brachte die eigene Erwärmung derselben eine Ablenkung von $9^{\circ},5$ am Multiplicator hervor, wenn die Argand'sche Lampe direct die Nadel auf 35° abgelenkt hatte. Unter denselben Umständen erhielt ich aber eine Abweichung von $10^{\circ},87$, wenn ich, statt der Flamme, einen dunkeln erhitzten Metallcylinder, welcher direct eine gleiche Ablenkung von 35° bewirkte, gegen die Carminfläche ausstrahlen lieÙ.

War die Metallscheibe, anstatt des Carmins, mit schwarzem Papier überzogen, so wurde die Magnetnadel durch die Erwärmung der vor der Thermosäule aufgestellten Platte im ersten Falle auf $10^{\circ},75$, im zweiten auf $10^{\circ},12$ abgelenkt.

Die Carminfläche wird also durch die Strahlen der Argand'schen Lampe verhältnißmäÙig weniger als durch die

Leslie: *An experim. inq. etc.*, p. 83. — Melloni: diese Annalen, Bd. 53, S. 268 bis 275.

1) Diese Annal., Bd. 21, S. 316.

2) Diese Annal., Bd. 35, S. 545, 546, 575, 577; Bd. 39, S. 31, 560, 563; Bd. 44, S. 357 bis 359, 361 bis 363; Bd. 51, S. 82; Bd. 52, S. 422. — Ausnahme 1) bei den Metallen, nach Rumford: *Mémoires sur la chaleur*. Deutsche Uebersetzung, S. 72. — Melloni: Diese Annal., Bd. 35, S. 575, 576; Bd. 52, S. 421 bis 427, 573, 580 bis 583. 2) Beim Ruß, nach Melloni: s. ob. S. 206, Note 1.

eines auf 80° R. erhitzten Cylinders erwärmt, während beim schwarzen Papier gerade das Gegentheil stattfindet.

Die folgenden, einer größern directen Ablenkung angehörigen Zahlen (arithmetische Mittel aus je zwei Beobachtungen) werden dies noch entschiedener darthun.

Eingeschaltete sich erwärmende Fläche.	Ablenkung durch directe Einstrahl. d. Wärmequellen.	Ablenkung nach dem Einschalten für:		Ablenkung durch directe Einstrahl. d. Wärmequellen.	Ablenkung nach dem Einschalten für:	
		die Ar- gand'sche Lampe.	den er- hitzten Cylinder.		die Ar- gand'sche Lampe.	den er- hitzten Cylinder.
Carmin	35°	9,50	10,87	50°	13,75	15,62
Schwarzes Papier	35°	10,75	10,12	50°	15,25	14,00

Während, früheren Beobachtungen ¹⁾ zufolge, fast immer die Wärmestrahlen aus Quellen niederer Temperatur fähiger zu seyn schienen, die Körper zu erwärmen, als die bei höherer Temperatur ausgesandten, ist es also durch die mitgetheilten Versuche sicher erwiesen, *dafs diese Erwärmung bei gleicher Intensität der eingestrahnten Wärme, völlig unabhängig von der Temperatur ihrer Quelle, allein durch die Natur jener absorbirenden Substanzen bedingt wird, welche für gewisse Strahlen mehr als für andere empfänglich sind.*

Der Einfluß der Dicke der den Wärmestrahlen ausgesetzten Körper auf ihre Erwärmung ist bisher kaum untersucht worden. Leslie bemerkt, dafs sich Metalle von verschiedener Dicke in gleichem Grade ²⁾, Holzschirme, welche er vor einem erhitzten Würfel aufstellte, aber desto weniger erwärmten, je dicker sie waren. So zeigte sein Thermoskop

20° hinter einer $\frac{1}{8}$ " dicken Platte von Tannenholz;

15 - - $\frac{3}{8}$ - - - -

9 - - 1 - - - - ³⁾

1) Melloni: diese Annal., Bd. 35, S. 575; Bd. 52, S. 422.

2) *An experim. inq. etc.*, p. 112.

3) Ebendasselbst, p. 38 bis 41.

Ebenso fand Melloni ¹⁾) mittelst des Thermomultipliers, daß sich dickes Papier weniger als dünnes erwärmte.

Diese Versuche schienen mir jedoch nicht die Frage zu erledigen:

in welcher Beziehung die Erwärmung der Körper zu ihrer Dicke stehe,
und sie ist daher Gegenstand der folgenden Untersuchung gewesen.

Während ich bei den Beobachtungen des vorigen Abschnitts den Einfluß der Erwärmung der zwischen der Wärmequelle und Thermosäule aufgestellten Medien für die letztere zu eliminiren suchte, war ich in diesem Fall darauf bedacht, sie so wahrnehmbar als möglich zu machen und ausschliesslich auf das Thermoskop wirken zu lassen. Ich stellte daher die zu erwärmenden Körper unmittelbar vor demselben auf und versah sie, der Säule zu, mit einer für directe Strahlen undurchdringlichen Rückseite.

Die Substanzen, deren ich mich zu diesen Versuchen bediente, waren farblos durchsichtiger Firnifs, schwarzer undurchsichtiger, aber diathermaner Lack und Bleiweiß, welches in der Regel als adiatherman betrachtet wird. Diese trug ich in *Schichten von verschiedener Dicke* auf dünne, in jeder Beziehung gleiche Metallscheiben auf. — Um die Ausstrahlung der letzteren nach der Erwärmung zu verbessern, überzog ich sie auf Seiten der Säule mit Papier ²⁾). Zwar würde Ruß in dieser Beziehung noch wirksamer gewesen seyn ³⁾); indess ist es kaum erreichbar, ihn auf mehrere Platten in völlig gleicher Weise aufzutragen, was unumgänglich gewesen wäre, weil sich, wie Melloni ⁴⁾) gezeigt hat, die Ausstrahlung mit der Dicke der Rußschichten ändert. Ich zog daher den erwähnten Ueberzug vor, um nicht

3) Diese Annal., Bd. 43, S. 26.

2) Leslie, *An experim. inq. etc.*, p. 18.

3) Ebendasselbst.

4) Diese Annal., Bd. 65, S. 109, 110

die Empfindlichkeit des Apparats auf Kosten der Sicherheit des Vergleichs zu steigern.

Der Vollständigkeit wegen untersuchte ich die Erwärmung der genannten Substanzen von ungleicher Dicke bei verschiedenen Wärmequellen, indem ich dazu diejenigen anwandte, welche stets die größten Verschiedenheiten gezeigt hatten: eine Argand'sche Lampe und einen auf etwa 80° R. erhitzten Metallcylinder.

Da außer Rufs (s. S. 205, 206) nur Metalle (s. S. 231) jede Art von Wärmestrahlen in gleicher Weise absorbiren, so konnten die gedachten Körper für den vorliegenden Zweck nur auf Metall aufgetragen werden, wenn man die Wirkung ihrer Erwärmung durch verschiedenartige Wärmequellen ohne den Nebeneinfluss der untergelegten Flächen beobachten wollte, welche sich in jedem andern Falle an sich schon ungleichmäfsig erhitzt haben würden.

Der Versuch ergab folgende Resultate: Hatte man durch directe Einstrahlung der Argand'schen Lampe auf die Thermosäule eine Abweichung der Multiplicatornadel auf 60° hervorgebracht, und stellte darauf unmittelbar vor dem Thermoskop eine Metallplatte ein, welche der Wärmequelle ihre glänzende Oberfläche zukehrte, während sie, der Säule zu, mit Papier überzogen war, so erhielt man nach einiger Zeit eine constante Ablenkung von $10^{\circ},5$, welche von der Erwärmung der Metallscheibe herrührte. Schaltete man statt dieser eine Metallplatte ein, welche auf der Seite der Wärmequelle mit einer Firnißschicht bedeckt war, so wich die Nadel durch die Erhitzung der Scheibe auf $14^{\circ},5$, und, wenn sie mit acht gleichen Schichten bekleidet war, auf $15^{\circ},75$ ab.

Die Erwärmung der überzogenen Platte stieg also, wenn man die Anzahl der sie bedeckenden Firnißschichten vermehrte.

Wurde die Flamme mit dem dunkeln erhitzten Cylinder vertauscht, welcher direct dieselbe Ablenkung von 60° hervorbrachte, und der nicht überzogene Metallschirm wieder an der bezeichneten Stelle eingeschoben, so stellte sich

die Nadel wie vorher auf $10^{\circ},5$ ein. Sie wich aber auf $17^{\circ},5$ ab, wenn man die mit einer Firnißschicht und auf $20^{\circ},75$, wenn man die mit acht Schichten bedeckte Metallscheibe den Strahlen des erhitzten Cylinders aussetzte.

Die Erwärmung war also im letzteren Falle für jede einzelne Platte größer als im ersten, und nahm von der mit einer Firnißschicht bekleideten bis zu der mit acht Lagen bedeckten in höherem Grade zu als beim Versuch mit der Argand'schen Lampe.

Dieselbe Erscheinung zeigte sich beim schwarzen Lack und beim Bleiweiß. — So bewirkte, bei übrigens gleichen Umständen, die Erwärmung einer mit einer dünnen Lack-schicht überzogenen Metallscheibe unter den Strahlen der Argand'schen Lampe eine Ablenkung von $14^{\circ},5$, die Erwärmung einer mit einer dickeren Lage bedeckten von $18^{\circ},12$ und unter den Strahlen des dunkeln erhitzten Cylinders die erstere eine Abweichung von $18^{\circ},62$, die letztere von $22^{\circ},12$, wobei man berücksichtigen muß, daß die Kraft, welche die Galvanometernadel um eine gewisse Anzahl höherer Grade ablenkt, größer als die ist, welche sie um eine gleiche Anzahl niederer Grade abweichen läßt (siehe S. 205, 206, Note 5).

Die für den Bleiweißüberzug gefundenen Zahlen sind in der beigelegten Tabelle angeführt, welche auch Werthe für andere Dicken der genannten Körper und eine andere directe Ablenkung als die erwähnte (sämmtlich arithmetische Mittel aus je zwei Beobachtungen) enthält.

Ablenkung nach dem Einschalten einer Metallplatte

nicht über- zogen.	überzogen mit Firnis.				überzogen mit schwarzem Lack.				überzogen mit Bleiweiß.	
	1 Schicht.	2 Schichten.	4 Schichten.	8 Schichten.	dünne Schicht.	dicke Schicht.	noch dickere Schicht.	dicke Schicht.	dünne Schicht.	dicke Schicht.

Argand'sche Lampe. Ablenkung durch directe Einstrahlung 35°.
6,50| 8,25| 8,25| 8,25| 8,25| 7,12| 8,25| 8,62| 9,50| 7,25| 8,00

Dunkler erhitzter Metallcylinder.

6,50| 9,00| 9,25| 9,50| 9,50| 9,12| 9,87| 11,62| 12,00| 8,75| 9,62

Argand'sche Lampe. Ablenkung durch directe Einstrahlung 60°.

10,50| 14,50| 15,12| 15,62| 15,75| 14,50| 16,25| 17,37| 18,12| 16,12| 18,50

Dunkler erhitzter Metallcylinder.

10,50| 17,50| 18,12| 20,12| 20,75| 18,62| 20,25| 21,37| 22,12| 17,00| 19,50

Die sich auf solche Weise darstellenden Verschiedenheiten können nur von der Wärme herrühren, welche von den aufgetragenen Substanzen absorbirt und so den Metallplatten mitgetheilt wird. Es stellt sich also heraus: *dafs sich die angewandten Körper, innerhalb der Gränzen dieser Versuche, in desto höherem Grade erwärmen, je dicker sie sind.*

Diese Beobachtung läuft direct den von Leslie und Melloni an andern Substanzen gemachten Erfahrungen entgegen. Dennoch sind beide Facta richtig. Der Grund dieser Verschiedenheit aber ist der, dafs bei meinen Versuchen die Gränze noch nicht erreicht ist, welche jene früheren bereits überschritten haben. — Denn der Zusammenhang der Erscheinung ist dieser. Setzt man einen Körper den Strahlen einer Wärmequelle aus, so dringen die, welche nicht an seiner Oberfläche reflectirt werden, in ihn ein und erwärmen eine Schicht nach der andern, sofern sie nicht ungehindert durch ihn hindurchgehen. Jede dieser Schichten theilt dann ihre Wärme durch Leitung und Strahlung den benachbarten mit. — Die Summe der einem Körper auf diese Weise zugeführten Wärme wächst also in dem Maafse, als die Anzahl der absorbirenden Schichten

zunimmt; aber sie erreicht ihr Maximum, sobald diese eine Dicke erlangen, jenseit welcher die Wärme weder durch Strahlung noch durch Leitung weiter vordringen kann.

In der mitgetheilten Versuchsreihe war die Dicke nie so groß, daß nicht jede aufgetragene Schicht noch hätte erwärmt und nicht die Wärme aller auf die Metallfläche hätte wirken können, welche mittelst des Papierüberzuges gegen die Thermosäule strahlte. Bei den Beobachtungen von Leslie und Melloni aber waren die eingeschalteten (nur in den dünnsten Blättchen diathermanen) Schirme so dick, daß nur ein geringer Theil der Wärme ihrer vorderen Flächen die dem Thermoskop zugekehrte Seite erreichte, und daher mußte sich ihre Wirkung auf dasselbe in dem Grade vermindern, als man diesen Antheil durch Vermehrung der Dicke schwächte.

Die Gränze, bei der die Erwärmung eines Körper aufhört, mit zunehmender Dicke zu steigen, wird sich für eine und dieselbe Wärmequelle nach der Substanz, und für eine und dieselbe Substanz nach der Natur der Wärmequelle richten. Einer späteren Untersuchung ist es vorbehalten, sie in gewissen Fällen näher zu bestimmen.

Melloni ¹⁾ hat es für unmöglich gehalten, die Temperaturerhöhung wahrzunehmen, welche dünne, diathermane Blättchen durch strahlende Wärme erfahren, und daher indirect auf ihre Erwärmung geschlossen. Den mitgetheilten Versuchen ist es gelungen, sie auf directem Wege nachzuweisen und Melloni's Vermuthungen auf eine evidenten Weise durch die Erfahrung zu bestätigen, *daß sich die Temperatur eines Körpers bei zunehmender Dicke desto mehr erhöht, je weniger er für die ihm zugesandten Strahlen diatherman ist.*

So ergeben, wie bereits erwähnt, die in der Tabelle S. 236 enthaltenen Beobachtungen für dieselben Körper stets beim dunkeln erhitzten Cylinder eine größere Steigerung der Erwärmung mit der Dicke als bei der Argand'schen Lampe, während die directe Durchstrahlung gezeigt hat, daß

1) Diese Annal., Bd. 43, S. 26 bis 27.

die Wärme des ersteren in geringerem Grade als die der letzteren von farblosem Firniß und schwarzem Lack hindurchgelassen wird.

Dafs diathermane Körper, wie man bisher nur geahnt, durch diejenigen Strahlen, welche sie am wenigsten durchdringen, in der That am meisten erwärmt werden, läßt sich durch die Beobachtung auch am farblosen Glase darthun, das bekanntlich ebenfalls von der Wärme des Metallcylinders schlechter als von der der Argand'schen Lampe durchstrahlt wird. Denn ein 1^{mm},5 dicker Glasspiegel, dessen rauhe metallische Fläche der Thermosäule zugekehrt war, brachte unter den Strahlen des ersteren eine Abweichung der Galvanometernadel auf 12°,25; unter denen der Lampe auf 11° hervor, wenn die directe Einstrahlung jeder dieser Wärmequellen die Nadel um 45° abgelenkt hatte.

Es bedarf wohl kaum nochmals der Erwähnung, dafs dieser Nachweis der Erwärmung diathermaner Körper durch strahlende Wärme die Ergebnisse des ersten Abschnitts nicht erschüttert, da die Beobachtung zeigt (S. 226 und 227), dafs sie unter den Umständen, bei welchen die Durchstrahlungsversuche angestellt wurden, keinen merklichen Antheil an jenen Resultaten gehabt hat.

IV. *Ueber den elektrischen Leitungswiderstand der Flüssigkeiten;* *von E. N. Horsford aus Albany in Nordamerika.*

Der Leitungswiderstand der flüssigen Leiter in der galvanischen Kette ist schon oft der Gegenstand von Untersuchungen gewesen. Eine allgemeine Brauchbarkeit der gewonnenen Resultate scheiterte gewöhnlich daran, dafs man den Einfluß der Polarisation an den Uebergangsflächen nicht so wie es seyn muß berücksichtigt hat. In der That ist mir nur eine einzige Arbeit bekannt, in welcher der Lei-

tungswiderstand einer Flüssigkeit, nämlich der Kupfervitriol-lösung, von jenem veränderlichen Einflusse befreit, gemessen worden ist (Lenz in diesen Annalen, Bd. 44, S. 349). Ich wünschte auch noch von mehreren anderen Flüssigkeiten das Leitungsvermögen kennen zu lernen; ich benutzte daher die Gelegenheit, die mir geboten wurde, eine dahin einschlagende Untersuchung im physikalischen Kabinette zu Gießen unternehmen zu können. Leider ist es mir unmöglich gewesen diese Arbeit vor dem bereits festgesetzten Zeitpunkte meiner Rückreise nach Amerika in dem Umfange zu vollenden, als es der anfängliche Plan war, und als ich es später noch zu thun mir vorgenommen habe. Wohlwollende Freunde haben mir gleichwohl gerathen den wesentlichsten Inhalt meiner Untersuchungen jetzt schon der Oeffentlichkeit zu übergeben, weil mehrere der von mir erhaltenen Resultate vielleicht eine practische Brauchbarkeit haben dürften.

Zur Aufnahme der Flüssigkeiten, deren Verhalten gegen den elektrischen Strom ich prüfte, diente ein viereckiger Trog von festem und dichtem Holze, 0,3 Meter lang, 0,075 Meter breit und eben so tief; er war im Innern mit Schellackfirnis dick überzogen, um das Eindringen der Flüssigkeiten zu verhindern oder doch möglichst zu verzögern. Auf diesem Troge liegen zwei Brettstücke, von welchen das eine festsitzt, das andere verschiebbar ist. Sie dienen, um die in die Flüssigkeit eintauchenden Platten zu halten und nach Befinden deren Abstand zu verändern. Die Platten, von gleicher Gröfse wie der Querschnitt des Kastens, werden an Kupferstreifen festgeklemmt, welche ihrerseits wieder an den Brettstücken angeschraubt sind, und mit den Endpunkten des Elektromotors in Verbindung stehen. Als solcher wurde die constante Kohlen-Zinkkette benutzt, je nach Bedürfnis 1 Paar oder auch mehrere Paare hinter einander. Die Stromstärke wurde mit einer sehr genau ausgeführten Weber'schen Tangentenbussole gemessen, und um bestimmte Stromstärken unverändert erhalten zu können, diente ein Wheatstone'scher Stromregulator. Der

Draht des letzteren ist aus Neusilber verfertigt, dessen Leitungswiderstand Hr. Prof. Buff auf das 12,4014fache von dem des chemisch reinen Silbers bestimmt hat. Der Durchmesser dieses Drahts beträgt 1,5042 Millimeter, die Länge einer Windung des Regulators 751 Millimeter. Die Temperatur der geprüften Flüssigkeiten betrug durchschnittlich 18 bis 20° C.

Der Gang des Versuchs fand in der Weise statt, daß man zwei Platten in dem mit Flüssigkeit ganz oder theilweise angefüllten Troge einander genau parallel, zuerst gewöhnlich auf 2,5 Centimeter Entfernung gegenüberstellte, dann die Kette schloß und mit Hülfe des Regulators die Nadel der Tangentenbussole auf einen bestimmten Grad richtete. Hierauf vergrößerte man den Abstand beider Platten durch Verrücken der einen, und sah zu wie viel Neusilberdraht aus der Kette herausgenommen werden mußte, um den anfänglichen Ausschlag der Nadel wieder zu erhalten. Es ist einleuchtend, daß alsdann die Vergrößerung der Flüssigkeitsschicht einen genau eben so großen Widerstand bewirkte wie der abgewickelte Neusilberdraht, und zwar ganz unabhängig von dem Einflusse der Polarisation. Die in den folgenden mitgetheilten Zahlen sind die Mittelwerthe von wenigstens drei, gewöhnlich aber von einer größeren Anzahl nahe übereinstimmender Beobachtungen.

Zuerst schien es mir von Wichtigkeit einen etwaigen Einfluß der Stromstärke auf den Leitungswiderstand kennen zu lernen. Zu dem Ende wurde der Trog mit verdünnter Schwefelsäure von 1,10 spec. Gewicht bis zu 0,0275 Meter Höhe angefüllt. Man erhielt bei nachfolgenden

Ablenkungen der Nadel	den Widerstand in Windungen Neusilberdraht	
	für die ersten 2,5 Centim.	für die folgend. 2,5 Decim.
10°	32,44	20,67
20	20,30	21,25
30	10,74	20,00

Der Widerstand der ersten 2,5 Cent. Flüssigkeit, der den Einfluß der Polarisation einschließt, zeigt sich veränder-

derlich mit der Stromstärke, während, sobald dieser Einfluß eliminirt worden, ein für verschiedene Stromstärken augenscheinlich gleich großer Widerstand erhalten wurde. Aehnliche Versuche mit anderen Flüssigkeiten, wie Kochsalzlösung, Kupfervitriollösung u. s. w., ausgeführt, gaben ganz dasselbe Resultat. Es schien mir daher genügend den Widerstand der meisten übrigen Flüssigkeiten nur für eine einzige Stromstärke mit möglichster Genauigkeit zu untersuchen; diese wurde dann, um der Veränderlichkeit der Polarisation zu begegnen, im Laufe einer Versuchsreihe mit aller Sorgfalt eingehalten. Bei allen folgenden Angaben über die Dicke einer flüssigen Schicht, sind die ersten 2,5 Centim., welche den Widerstand der Polarisation einschließen, bereits abgezogen.

Man nimmt an, daß der Widerstand der Flüssigkeiten, gleich dem der festen Leiter, der Länge direct und dem Querschnitte umgekehrt proportional sey. Meine Versuche bestätigen diese Annahme. Ich begnüge mich als Beleg nur eine einzige Versuchsreihe, welche mit derselben verdünnten Schwefelsäure wie vorher ausgeführt ist, hier mitzutheilen.

Länge d. flüssig. Schicht. Centimeter.	Widerstand in Windungen Neusilberdraht.	
	Beobachtet.	Berechn. auf 5 Cent. Länge.
25	20,67	4,134
12,5	10,75	4,300
7,5	6,98	4,654
5,0	4,25	4,250
2,5	2,11	4,220
		Mittelwerth 4,311.

Der Trog war mit der Säure bis zu 0,0275 Meter Höhe angefüllt. Als hierauf die flüssige Schicht bis zu 0,048 Meter erhöht wurde, erhielt man für 5 Cent. Länge einen Widerstand gleich dem von 2,56 Windungen. Es ist aber $0,0275 : 0,048$ nahe genau wie $2,56 : 4,311$.

Man erhält demnach eine ganz klare Vorstellung von dem Leitungswiderstande einer Flüssigkeit von bestimmter chemischer Beschaffenheit, und kann denselben in Rech-

nung nehmen, wenn er nur für eine einzige Länge und einen einzigen Querschnitt genau gemessen worden ist. Die von mir bei verschiedenen Flüssigkeiten, die ich untersuchte, gewonnenen Resultate sind in der folgenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt. Der Sinn der in den verschiedenen Spalten enthaltenen Zahlen bedarf keiner weiteren Erörterung. Ich habe daher nur noch hinzuzufügen, daß gewöhnlich Platinplatten in die Flüssigkeiten eingetaucht waren. Nur bei der Kupferlösung wählte man Kupferplatten, und bei den Zinklösungen Zinkplatten, um dadurch die Polarisation zu vermindern. Die gewählten Auflösungen waren chemisch rein.

Namen und Beschaffenheit der Flüssigkeit.	Anfüllungs- höhe des Trog.	Leitungswiderstand in Regulator- Windungen	
			Neusilber = 1.
		für 5 Centm. Länge der flüssigen Schicht	
Schwefelsäure von 1,10 spec. Gw.	0,0275 Met.	4,311	75673
- - - 1,15 - -	0,0275	3,680	67770
- - - 1,20 - -	0,0275	3,202	56180
- - - 1,24 - -	0,0275	3,200	56180
- - - 1,30 - -	0,0275	3,200	56180
- - - 1,40 - -	0,0275	4,700	82520
Zinkvitriollösung, wovon 100 CC. enthielten:			
7,287 Grm. ZnO, SO ₃ H ₂	0,0275	108,00	1896000 ¹⁾
4,175 - - - -	0,0275	151,70	2663400 ¹⁾
Kupfervitriollösung, wovon 100 CC. enthielten:			
15,093 Grm. CuO, SO ₃	0,0275	55,38	972320
7,547 - - - -	0,0275	80,32	1410200
		für 2,5 Cent. Länge der flüssigen Schicht	
Kochsalzlösung			
27,6 Grm. in 500 CC. Wasser	0,023	19,65	577100
21,3 - - - 500 - -	0,023	26,20	769460
Zweifache Verdünnung	0,046	25,336	1488200
Vierfache Verdünnung	0,046	44,72	2750560

1) Diese Angaben über den Widerstand der Zinkvitriollösung kann ich nur als Annäherungen gelten lassen; denn weil das aus der Flüssigkeit niedergeschlagene Zink sich an der negativen Polplatte theilweise in senkrecht anschließenden Nadeln absetzte, zeigte sich im Laufe eines jeden Versuchs eine allmähliche Abnahme des Widerstands der vordersten Schicht.

Namen und Beschaffenheit der Flüssigkeit	Anfüllungs- höhe des Trogs.	Leitungswiderstand in Regulator- Windungen	Neusilber = 1.
		nur 2,5 Cent. Länge der flüssigen Schicht	
Chlorkaliumlösung			
27,6 Grm. in 500 CC. Wasser	0,023 Meter	19,68	578000
Zweifache Verdünnung	0,046	18,79	1103700
Vierfache Verdünnung	0,046	34,16	2006500
Chlorbariumlösung			
38,46 Grm. ClB in 500 CC. Wasser	0,023	37,50	1101300
Zweifache Verdünnung	0,046	37,07	
Chlorstrontiumlösung			
29,30 Grm. ClSt in 500 CC. Wasser	0,023	26,56	780100
Zweifache Verdünnung	0,046	27,50	
Chlorcalciumlösung von 1,04 spec. Gew.	0,023	22,90	672560
Chlormagnesiumlösung	0,023	22,89	672560
Chlorzinklösung	0,023	37,20	1092500

V. *Untersuchung über das elektrische Leistungsvermögen starrer und flüssiger Körper;*
con E. Becquerel.

(Freier Auszug aus den *Ann. de chim. et de phys. Ser. III,*
T. XVII, p. 242 – 291.)

Das Verfahren, dessen sich der Verf. zu dieser Untersuchung bedient, ist der Hauptsache nach das von seinem Vater verbesserte Davy'sche, nach welchem man den Strom einer galvanischen Kette in zwei Arme zerspaltet, diese in entgegengesetzter Richtung auf ein Galvanometer wirken läßt und zur Gleichheit bringt, erstlich für sich, und dann nachdem in den einen Arm der auf sein Leistungsvermögen zu prüfende Körper eingeschaltet worden ist ¹⁾).

Als Galvanometer gebraucht er eins mit zwei zusammengedrehten Drähten, und zur Aequilibrirung der Wir-

1) Annalen, Bd. 8. S. 354.

kung auf dasselbe bedient er sich desjenigen Wheatstone'schen Rheostats, bei welchem ein Messingdraht von einem Holzcyylinder auf einen von Metall auf- und abgewickelt wird ¹⁾; es weicht von demselben nur dadurch ab, daß die beiden Cylinder an ihren Enden mit gezahnten Rädern versehen sind, und durch ein in dasselbe eingreifendes Getriebe bewegt werden. Dieser Rheostat, welcher eine Längenmessung bis auf 0^{mm},2 gestattet, ist in den einen Arm des Stroms eingeschaltet, der auf sein Leitvermögen zu prüfende Körper in den andern.

I. Leitvermögen der Metalle bei gewöhnlicher Temperatur.

Um das Leitvermögen eines Metalls bei gewöhnlicher Temperatur zu bestimmen, spannt Hr. B. einen Draht von demselben zwischen zwei Zwingen aus, die, von senkrecht auf einem Tisch errichteten Holzstützen getragen, 1,5 Meter aus einander stehen. Unter diesem Draht und parallel mit ihm liegt ein wohlbefestigtes getheiltes Messinglineal, längs welchem eine dritte, den Draht sanft klemmende Zwinde verschiebbar ist. Mittelst dieser dritten Zwinde und einer der ersteren wird ein Theil des Drahts in einen der Arme des Stromes gebracht, und seine Länge um gemessene Stücke verändert, deren Widerstand sich dann ergiebt, wenn man ihre Wirkung auf die Nadel durch den Rheostat annullirt.

Die zu untersuchenden Drähte erfuhren keine stärkere Spannung als nöthig war, um sie gerade zu richten und in Parallelismus mit dem Lineal zu bringen; bogen sie sich wegen ihres Gewichts oder ihrer Natur, so wurden Holzstützen darunter gestellt. Sie wurden überdies sowohl im gehärteten Zustand, wie sie aus dem Drahtzug kommen, als auch im ausgeglühten angewandt. Quecksilber wurde in kalibrierte Glasröhren eingeschlossen.

Die Durchmesser der Drähte wurden mit Hülfe eines von Hrn. Lebaillif angegebenen Instruments unter dem

1) Annalen, Bd. 62, S. 509.

Mikroskop gemessen ¹⁾, und da die Drähte niemals genau kreisrund sind, die durch ein selbes Loch gezogenen Drähte von verschiedenem Material auch nicht gleichen Durchmesser haben (Eisendrähte z. B. dicker sind als Golddrähte, und diese wiederum dicker als Bleidrähte), so wurde immer aus mehreren Messungen das Mittel genommen.

Nachstehendes waren die Resultate der Messungen, bei welchen die Temperatur beständig zwischen 12° und 13° C. lag, und im Mittel auf 12°,75 C. gesetzt werden kann.

	Durchmesser der Drähte.	Leitungsvermögen bei gleichem Durchmesser im gehärteten ausgeglühten Zustand.		Verhältniß beider.
Silber ²⁾	0,3203	93,448	100,000	1,0701
Kupfer ³⁾	0,3218	89,084	91,439	1,0264
Gold, reines	0,2970	64,385	65,458	1,0166
Kadmium	0,2875	24,574		
Zink	{0,3019}	24,164		
	{0,7390}			
Zinn	0,6985	13,656		
Palladium	0,225	13,977		
Eisen	{0,3037}	12,124	12,246	1,0101
	{0,737}			
Blei	{0,687}	8,245		
	{0,858}			
Platin	0,3126	8,042	8,147	1,0130
Quecksilber ⁴⁾	0,734	1,8017		

1) Hr. B. beschreibt dies Instrument also: Es besteht aus zwei auf einander gleitenden Glasplatten, deren eine ein Mikrometer, getheilt in 0,005 Millimeter, und die andere Striche parallel mit diesen Abtheilungen enthält. Das erste Glas ruht auf einer Holzplatte, die auf den Objectträger des Mikroskops gebracht wird, und das zweite auf einer anderen Platte, die auf der ersteren liegt. An dieser zweiten Platte sitzt ein Kupferdraht, der gegen die Spitze einer kupfernen Schraube endet, so daß man, wenn man die Schraube dreht, bis einer der Striche des oberen Glases mit dem Nullpunkt des Mikrometers zusammenfällt, und nun den auf seinen Durchmesser zu prüfenden Draht zwischen dem festen Draht und die Schraube einschaltet, unmittelbar mittelst des Mikroskops abliest, wie viel der Strich vorgerückt ist und wie viel also der Durchmesser des Drahts beträgt. Die Bestimmung geschieht bis auf ein Viertel von $\frac{1}{100}$ oder bis auf $\frac{1}{1000}$ Millimeter.

2) Aus Chlorsilber reducirt.

3) Elektrochemisch gefällt und dann geschmolzen.

4) Bei 14° C.

Bei den Metallen, die in Drähten von zweierlei Durchmesser angewandt wurden, sind die Angaben der dritten Spalte das Mittel aus beiden Messungen, die übrigens wenig von einander abwichen.

II. Leitvermögen der Metalle in verschiedenen Temperaturen.

Das Verfahren zur Ermittlung des Leitvermögens bei höheren Temperaturen war folgendes. Eine an beiden Enden offene Glasröhre von 5 bis 6 Centimet. Länge und 1 Centimet. Durchmesser wurde schraubenförmig mit dem zu untersuchenden Draht bewickelt, so, daß sich die Windungen nicht berührten. War derselbe nicht länger als 1 Meter, so bildeten die Windungen nur eine Lage; überstieg er aber diese Länge, so umgab man die erste Lage mit Seide, wickelte eine zweite Lage darüber und befestigte sie wohl durch Seidenfäden. Die Enden des so vorbereiteten Drahts verknüpfte man durch Umwicklung mit zwei Kupferstäbchen, von denen der eine in die Röhre hineinreichte, der andere am äußeren Umfang derselben endete. Die beiden Kupferstäbchen führten durch einen Kork, der zugleich ein Thermometer mit langem cylindrischen, der Röhre parallel gestellten Behälter durchliefs. Dieser Kork diente zum Verschluss eines mit Oel gefüllten Glascylinders, welcher die mit Draht bewickelte Röhre und das Thermometer in senkrechter Stellung aufnahm. Der Glascylinder mit seinem Inhalt wurde dann in ein Marienbad getaucht, in welchem er bis nahe zum Siedpunkt des Wassers erhitzt werden konnte.

Zuvörderst suchte Hr. B. zu ermitteln, wie sich das Leitvermögen bei einem und demselben Metalle mit der Temperatur ändere. Zu dem Ende brachte er in den Glascylinder einen etwa 1 Meter langen Eisendraht, erwärmte ihn angegebenermaßen darin, bis das Thermometer einen festen Stand angenommen hatte, schaltete ihn darauf durch die Kupferstäbchen in den einen Arm des Stroms einer Kette ein, und liefs nun den Cylinder langsam erkalten, während

er zugleich durch den in dem andern Arm des Stroms befindlichen Rheostat die Nadel fortwährend auf Null hielt. So bekam er folgende Zahlen:

Rheostat- grade ¹⁾ .	Temperaturen.		Unter- schied.	Rheostat- grade.	Temperaturen		Unter- schied.
	beobacht.	berechn.			beob.	berechn.	
398,0	97°,8 C	97°,80 C.		207,6	59°,00 C.	55°,80 C.	-3,20
360,0	89,50	89,40	-0,10	204,4	58,00	55,00	-3,00
341,0	86,50	85,20	-1,30	189,5	54,50	51,64	-2,86
339,0	86,00	84,75	-1,25	170,0	50,00	47,40	-2,60
335,3	85,00	83,87	-1,13	113,0	36,60	34,75	-1,85
293,0	78,50	74,58	-3,92	62,7	24,00	23,63	-0,37
273,5	74,00	70,30	-3,70	58,5	23,00	22,70	-0,30
253,6	70,00	65,90	-4,10	39,7	18,10	18,51	+0,41
230,6	65,00	60,80	-4,20	23,7	15,00	15,00	0,00

Die Zahlen der dritten und siebenten Spalte sind in der Annahme berechnet, daß die mittlere Zunahme des Widerstands für einen Grad Temperatur gleich sey

$$\frac{398,0 - 23,7}{97°,8 - 15°} = 4,5205$$

Rheostatgrade. Die vierte und achte Spalte zeigen, daß die also berechneten Temperaturen beträchtlich von den beobachteten abweichen; Hr. B. meint indess, daß die Unterschiede in der durch die Veränderung der Temperatur nicht richtigen Angabe des Thermometers ihren Grund haben, und nimmt an, nicht allein für das Eisen, sondern auch für die übrigen Metalle, daß die Abnahme des Leitungsvermögens der Zunahme der Temperatur proportional gehe.

In dieser Voraussetzung bestimmt er nun die Veränderung des Leitvermögens so, wie es folgendes Beispiel an einem 0^{mm},3203 dicken, ausgeglühten Silberdraht verdeutlichen mag. Ein Meter dieses Drahts zeigte bei gewöhnlicher Temperatur (12°,75 C.) in dem sub I beschriebenen Apparat einen Widerstand = 101,25 Rheostatgraden, 1^m,1675 oder, nach Abzug der um die Kupferstäbchen gewickelten Enden, 1^m,1475 desselben Drahts, die in den zweiten Apparat gebracht wurden, mußten demnach bei derselben Temperatur einen Widerstand = 116,184 leisten. Eine Nachl

1) Von denen 108 einem ganzen Umgang der Cylinder entsprachen.

hindurch in diesem Apparat gelassen, zeigte das Thermometer $11^{\circ},3$, und der Rheostat mußte auf den Punkt $7,1$ gedreht werden, um die Wirkung auf die Nadel zu annulliren. Nun wurde der Apparat zwei Stunden lang erhitzt, bis eine constante Temperatur erlangt war. Dieselbe betrug $96^{\circ},8$, und der Rheostat mußte zur Aequilibrirung auf $45,1$ gedreht werden. Die Zunahme des Widerstands betrug also $45,1 - 7,1 = 38,0$ für $96^{\circ},8 - 11^{\circ},3 = 85^{\circ},5$ C., mithin für 1° C. $= 0,4444$. Bei $12^{\circ},75$ C. war der Widerstand des Drahts $= 116,184$, also wäre er bei 0° C. $= 116,184 - 0,4444 \times 12^{\circ},75 = 110,518$, und das Verhältniß jener Zunahme zu diesem Widerstand oder

$$\frac{0,4444}{110,518} = 0,004021.$$

Die letztere Zahl nennt Hr. B. Coëfficient der Zunahme des Widerstandes, und bestimmt sie nun auf ähnliche Weise für andere Metalle, aus welchen Bestimmungen hier nur die Mittelwerthe beigebracht seyn mögen.

	Coëff. der Zunahme d. Widerstands für 1° von 0° aus.		Coëff. der Zunahme d. Widerstands für 1° von 0° aus.
Silber	0,004022	Zink	0,003675
Blei	0,004349	Kadmium	0,004040
Gold	0,003397	Zinn, ziemlich rein . . .	0,006188
Eisen	0,004726	- vielleicht bleihaltig	0,005042
Kupfer	0,004097	Quecksilber	0,00104
Platin	0,001861		

Darnach berechnet nun Hr. B. folgende Tafel:

	bei 0° .	Leitungsvermögen	
		bei 100° C., gegen das vom Silber bei 0° .	bei 100° C., gegen das vom Silber bei 100° .
Silber, ausgeglüht . .	100	71,316	100
Kupfer dito . .	91,517	64,919	91,030
Gold dito . .	64,960	48,489	67,992
Kadmium	24,579	17,506	24,547
Zink	24,063	17,596	24,673
Zinn	14,014	8,657	12,139
Eisen, ausgeglüht . .	12,350	8,387	11,760
Blei	8,277	5,761	8,078
Platin, ausgeglüht . .	7,933	6,688	9,378
Quecksilber, destillirt	1,7387	1,5749	2,2083

Zusatz. Von älteren Bestimmungen des elektrischen Leitvermögens der Metalle führt Hr. B. nur die von seinem Vater und von Hrn. Pouillet an, nämlich:

Becquerel sen		Pouillet.	
Kupfer . .	100,00	Palladium	5791
Gold . . .	93,60	Silber von 0,963 Feingehalt	5152
Silber . . .	73,60	- - 0,900 -	4753
Zink . . .	28,50	- - 0,857 -	4221
Platin . . .	16,40	- - 0,747 -	3882
Eisen . . .	15,80	Gold, rein	3975
Zinn . . .	15,50	- von 0,951 Feingehalt	1338
Blei	8,30	- - 0,751 -	714
Quecksilber	3,45	Kupfer, rein	3838
Kalium . .	1,33	- ausgeglüht	3842
		Platin	855
		Messing }	200
			900
		Gußstahl }	800
			500
		Eisen }	700
			600
		Quecksilber, destillirt . .	100

von welchen Angaben die letzteren zwar auch mittelst eines Differential-Galvanometers erhalten wurden, allein mit der Verschiedenheit von der Becquerel'schen Methode, daß die beiden Drähte desselben nicht die Zweige eines Stroms, sondern die Ströme zweier Thermoketten aufnahmen, von welchen die eine einen Meßdraht von Platin, und die andere den zu untersuchenden Draht eingeschaltet enthielt (*Pouillet's Traité, Ed. III, T. I, p. 584*).

Dagegen scheinen dem Verfasser die genaueren Bestimmungen von Riefs mittelst der Maschinen-Elektricität (*Ann. Bd. 45, S. 20*), und die von Lenz mittelst magneto-elektrischer Ströme (*Ann. Bd. 34, S. 418; Bd. 44, S. 345, und Bd. 45, S. 105*) gänzlich unbekannt geblieben zu seyn. Es dürfte daher wohl nicht überflüssig seyn, sie des Vergleiches halber hier folgen zu lassen:

	Riefs	Lenz		
	bei gewöhnlicher Temperatur.	bei 0° R.	bei 100° R.	bei 200° R.
Silber	148,74	136,25	94,45	68,72
Kupfer	100	100,00	73,00	54,82
Gold	88,87	79,79	65,20	54,49
Kadmium . . .	38,35			
Messing . . .	27,70	29,33	24,78	21,45
Palladium . .	18,18			
Eisen	17,66	17,74	10,87	7,00
Platin	15,52	14,16	10,93	9,02
Zinn	14,70	30,84	20,44	14,78
Nickel	13,15			
Blei	10,32	14,62	9,61	6,76
Neusilber . .	8,86			
		bei 15° R.		
Antimon . . .		8,87		
Quecksilber .		4,66		
Wismuth . . .		2,58		

Wiewohl diese Bestimmungen, ungeachtet der Vorzüge, welche die Anwendung des Differentialgalvanometers mit sich führt, wahrscheinlich einen höheren Grad von Genauigkeit besitzen als die Becquerel'schen, so würde doch eine abermalige Untersuchung der Elektricitätsleitung, wobei namentlich die chemische Reinheit der Metalle sorgfältige Berücksichtigung fände, sicher nicht ohne Nutzen seyn. Es würde dabei unter andern auch die Frage gelöst werden, ob wirklich dem Palladium der hohe Grad von Leitungsfähigkeit zukomme, den Pouillet beobachtet hat, oder ob dieser blofs dem mit Silber legirten Palladium angehöre. Schliesslich ist auch daran zu erinnern, dafs Lenz die Veränderungen der Leitungsfähigkeit keineswegs den Temperaturveränderungen proportional gefunden hat.

Poggendorff.

III. Leitvermögen von Flüssigkeiten.

Um diefs Leitvermögen unabhängig von der Polarisation (oder, wie sich Hr. B. ausdrückt, unabhängig vom Uebergangswiderstand) zu bestimmen, ward in der Haupt-

sache das bei den Metallen benutzte Verfahren angewandt, d. h. es wurde in jeden der beiden Arme eines gespaltenen Stroms, die in entgegengesetzten Richtungen auf die Nadel des Differentialgalvanometers wirken konnten, eine Säule von einer und derselben Flüssigkeit eingeschaltet und das Gleichgewicht hergestellt, erst für sich, und dann, nachdem in den einen Arm ein Draht von bekanntem Widerstand eingefügt worden war. Das Stück, um welches hiezu die in demselben Arme befindliche Säule verkürzt werden mußte, lehrte nun den Widerstand der Flüssigkeit kennen ¹⁾.

Die Flüssigkeiten befanden sich in zwei Glascylindern, von denen jeder eine oben durch Kork senkrecht gehaltene, ganz offene und den Boden nicht berührende Glasröhre concentrisch einschloß. In jeder dieser Glasröhren war eine deren Querschnitt genau ausfüllende, horizontale Metallplatte verschiebbar, und zwar mittelst eines daran gelötheten Drahts, der, um vor der Flüssigkeit geschützt zu seyn, von einer

- 1) Ich habe bereits in den Monatsberichten der hiesigen Academie (1844. August, S. 305) darauf aufmerksam gemacht, daß man sich eines solchen Verfahrens bedienen könne, da, wenn k' die elektromotorische Kraft in dem ungetheilten Strom, k'' und k''' die in seinen beiden Zweigen, ferner r' den Widerstand im ersten, r'' und r''' den in den beiden letzteren bezeichnen, und endlich R die GröÙe $r' r'' + r' r''' + r'' r'''$ bedeutet, die entsprechenden Intensitäten J' , J'' , J''' zum Ausdruck erhalten:

$$J' = \frac{(k' - k'')r''' + (k' - k''')r''}{R}$$

$$J'' = \frac{(k'' - k')r''' + (k'' - k''')r'}{R}$$

$$J''' = \frac{(k''' - k')r'' + (k''' - k'')r'}{R}$$

und diese Ausdrücke, wenn $k'' = k'''$ gleich wird, auf

$$J'' r''' = J''' r''$$

zurückkommen, d. h. auf die Relation, die zwischen den Stromstärken und Widerständen zweier bloß starre Leiter enthaltenden Zweige existirt.

Allein ich habe auch bemerkt, daß eine strenge Gleichheit von k'' und k''' erfordert werde, und diese ist selbst bei gleichen Flüssigkeiten und gleichen Platten nicht so leicht zu erreichen, wie man wohl glauben möchte.

P.

engen Glasröhre umgeben war. Unterhalb der weiten Röhre befand sich eine zweite horizontale Platte, deren ähnlich vorgereiteter Stiel in dem Raum zwischen der Röhre und dem Cylinder in die Höhe ging. Die beiden unteren Platten blieben unverrückt, von den oberen dagegen war die eine, durch ihren Stiel, mit einer aufrechten Metallskele verbunden, welche mittelst eines Getriebes eine Hebung oder Senkung derselben, und somit eine Verlängerung oder Verkürzung der von dem einen Arm des Stroms durchlaufenen Flüssigkeitssäule erlaubte. Dabei wurde angenommen, daß der außerhalb der Röhre befindliche Theil der Flüssigkeit nicht vom Strom afficirt werde. Zwei Quecksilbernäpfe, wovon der eine mit der erwähnten Metallskele, der andere mit der galvanischen Kette in Verbindung stand, nahmen den Mefsdraht auf, und waren anfangs, wenn dieser ausgeschlossen blieb, durch einen dicken Kupferbügel verbunden. Die Platten in der Röhre bestanden bei Kupferlösungen beide aus Kupfer; war dagegen die Flüssigkeit von der Natur, daß eine Wasserzersetzung eintrat, so wurde die untere Platte zur negativen Elektrode gemacht, und von einem leicht oxydirbaren Metall genommen, um den Sauerstoff zu absorbiren und somit dessen Aufsteigen zu verhindern; das Entweichen des Wasserstoffs an der oberen Platte wurde durch eine geringe Neigung derselben begünstigt. In einigen Fällen wandte Hr. B. Platinplatten an, immer aber gebrauchte er nur einen schwachen Strom, damit die Zersetzung der Flüssigkeit unbeträchtlich bliebe.

Der die Quecksilbernäpfe verbindende Draht war von Platin; derselbe wurde mit dem messingenen Rheostatdraht verglichen, und dieser wiederum mit einem ausgeglühten Silberdraht, welcher nun, reducirt auf den Durchmesser der Flüssigkeitssäulen (der 21^{mm},54 betrug) als Maafs des Leitungsvermögens der Flüssigkeiten diente.

Auf diese Weise wurden folgende Resultate gewonnen:

	Dichtigkeit.	Temperat.	Leitvermögen.
Silber, rein, ausgeglüht		0°,00	100 000 000
Wasser, gesättigt mit schwefels.			
Kupfer	1,1707	9,25	5,42
Wasser, gesättigt mit Chlornatrium bei 9°,5 C.		13,40	31,52
Wasser, gesättigt mit salpeters.			
Kupfer	1,6008	13,00	8,995
Wasser, gesättigt mit schwefels.			
Zink	1,4410	14,40	5,77
250 Grm. Wasser und 30 Grm. Jodkalium		12,50	11,20
220 Cubiccentm. Wasser und 20 Cubctm. Schwefelsäure mit 1 At. Wasser		19,00	88,68
Käufliche Salpetersäure v. 36° B.		13,10	93,77
20 Grm. Antimonchlorür, 120 Cubctm. Wasser u. 100 Cubctm. Salzsäure		15,00	112,01

Einige dieser Flüssigkeiten wandte Hr. B. in verschiedenen Graden der Verdünnung an, und dabei kam er zu dem Gesetz, dafs, wenn q die Gewichtsmenge des in einem bestimmten Volume gelösten Salzes bezeichnet, das Leitvermögen C oder der Widerstand R der Lösungen zum Ausdruck bekomme:

$$\frac{1}{C} = R = A + \frac{B}{q},$$

worin A und B zwei von Natur des Salzes abhängige Constanten sind.

Er selbst findet aber, dafs es bei der Lösung des salpetersauren Kupferoxyds nur von einem gewissen Grade der Verdünnung an gilt (und zwar mit negativem Vorzeichen von B), dafs es mithin kein allgemeines ist ¹⁾. Nachstehende Details werden diefs erläutern:

- 1) Dasselbe bestätigen die Versuche von Horsford im vorhergehenden Aufsatze. **P.**

	Salzgehalt in gleichem Volum.	Leitvermögen.
<i>Schwefelsaures Kupferoxyd</i>		
Gesättigte Lösung	1	5,42
- - verdünnt zum 2fach. Volum	2	3,47
- - - - - 4 fach. -	4	2,08
<i>Chlornatrium</i>		
Gesättigte Lösung	1	31,52
- - verdünnt zum 2fach. Volum	2	23,08
- - - - - 3 fach. -	3	17,48
- - - - - 4 fach. -	4	13,58
<i>Salpetersaures Kupferoxyd</i>		
Gesättigte Lösung (Dichte = 1,6008)	1	8,995
- - verdünnt zum $\frac{3}{2}$ fach. Volum	2	16,208
- - - - - 2 fach. -	3	17,073
- - - - - 4 fach. -	4	13,442
<i>Salpetersaures Kupferoxyd</i>		
Verdünnte Lösung (Dichte = 1,0850)	1	8,979
- - verdünnt zum 2 fach. Volum	2	5,349
- - - - - 4 fach. -	4	2,942
- - - - - 8 fach. -	8	1,539

IV. Leitvermögen der Flüssigkeiten bei verschiedenen Temperaturen.

Es diente hiezu der vorige Apparat, in welchem die untersuchten Flüssigkeiten (nur drei an der Zahl) auf zweierlei Temperaturen erwärmt wurden.

	Temperatur.	Leitvermögen.	Zunahme desselben für 1° C.
Schwefels. Kupfer, concentr. Lösung	14°,4 C.	3,88	} 0,0286
ditto ditto	56°,0	8,5	
Schwefels. Zink, conc. Lösung verdünnt mit 4fachem Volum Wasser	20°,0	3,5	} 0,0223
ditto ditto	54°,4	6,18	
Käufliche Salpetersäure von 36° B.	13°,1	5,52	} 0,0263
	40°,5	9,5	

Der Coëfficient in der letzten Spalte beruht auf der Voraussetzung einer dem Temperaturanwuchs proportionalen Zunahme des Leitungsvermögens ¹⁾.

1) Die Versuche von Hankel (Ann., Bd. 69, S. 255) erschienen erst nach der Veröffentlichung der Abhandlung des Hrn. Becquerel.

VI. Ueber die Spannungserhältnisse beim elektrischen Nebenstrom; von K. W. Knochenhauer.

(Schluß von Seite 115.)

Wir gehen nunmehr zu dem Nebenstrom über, der sich in Strömung befindet. Hierzu blieb der Schließungsdraht der Batterie genau wie in Fig. 3, Taf. I, und der zweite gespannte Draht wurde mit einem 11 Zoll langen, 1,6 Linien im Durchmesser haltenden kupfernen Bügel geschlossen. Als bei einem Abstände der beiden Drähte von 1 d der Funkenmesser bei H mit 16' K. eingeschaltet wurde, gaben die Beobachtungen:

L. d. B.	SVV.	red. SVV.
46,50	21,58	18,56
46,50	21,46	18,45
46,50	21,40	18,39
Mittel		18,47

Demnach aus $16 : 25,1 + x = 18,47 + 2,61 : 40,00$ die compensirte Länge des gespannten Drahtes $= 5,26$. Als ferner bei gleichen Umständen 12' K. im Funkenmesser waren, folgte:

L. d. B.	SVV.	red. SVV.
46,50	17,92	15,41
46,50	17,92	15,41
46,50	17,86	15,35
Mittel		15,39

dies gibt aus $12 : 21,1 + x = 15,39 + 2,61 : 40,00$ den Werth $x = 5,57$. Im Mittel beider Beobachtungen ist demnach $x = 5,415$. — Hierdurch wurde der Funkenmesser bei unverändertem Schließungsdrahte zwischen D und G eingeschaltet. Die Beobachtungen gaben gleichfalls bei $d = 1$:

L. d. B.	SVV.	red. SVV.
46,50	14,28	12,29
46,50	14,34	12,34
50,00	15,58	12,46
50,00	15,45	12,36
53,50	16,68	12,47
53,50	16,55	12,37
Mittel		12,38

Rechnet man auch hier ohne 2,61, so ist aus $x=9,1+x=12,38 : 40,00$ der Werth von $x=4,04$, dagegen $x=5,4542$, wenn man 2,61 hinzunimmt. Wie man sieht, paßt nur der letztere Werth, und demnach ist die Spannungsveränderung, welche der in Thätigkeit gesetzte Nebenstrom auf dem Hauptdraht erzeugt, ganz anderer Art, als diejenige, welche vom Hauptstrome auf Drähten, durch die er selbst geht, hervorgebracht wird. So wenig wir auch im Stande sind, jetzt schon anzugeben, welche Veränderungen in den Drähten vorgehen, um zwei so verschiedene Spannungsarten auf sich zu haben, so muß das Factum doch uns bemerkenswerth seyn, weil es auch in den Angaben des Luftthermometers hervortritt. Die erstere Spannungsveränderung nämlich ist auf den Gesamtwiderstand des Schließungsbogens und auf die Zeitdauer der Batterieentladung ganz ohne Einfluß, die andere dagegen ändert diese Verhältnisse so ab, daß die Summe der im Hauptdrahte und im Nebendrahte frei werdenden Wärme bei constanter Ladung der Batterie constant bleibt, daß also mit dem Nebenstrom der Hauptstrom jedesmal eine Verzögerung erleidet. — Es blieb hierauf der Funkenmesser zwischen D und G , nur wurde der Abstand des mit dem kupfernen Bügel geschlossenen Nebendrahtes noch auf $2d$, $3d$ und $4d$ geändert. Dieß gab folgende Zahlen:

Distanz der gespannten Drähte
= $2d$.

L. d. B.	SVV.	red. SVV.
39,50	13,24	13,41
39,50	13,24	13,41
43,00	14,47	13,46
43,00	14,47	13,46
46,50	15,65	13,46
46,50	15,58	13,40

Mittel 13,43

hieraus $x=6,0920$.

Distanz der gespannten Drähte
= $3d$.

L. d. B.	SVV.	red. SVV.
39,50	13,76	13,94
39,50	13,82	14,00
43,00	15,06	14,01
43,00	15,12	14,07
46,50	16,36	14,07
46,50	16,36	14,07

Mittel 14,03

hieraus $x=6,4822$.

Distanz der gespannten Drähte $= 4d$.

L. d. B.	SVV.	red. SVV.
39,50	14,09	14,27
39,50	14,41	14,59
43,00	15,58	14,49
43,00	15,39	14,32
46,50	16,63	14,30
46,50	16,57	14,25

Mittel 14,37

hieraus $x = 6,7123$.

In Bezug auf die Berechnung dieser Data haben die früheren Beobachtungen mit dem Luftthermometer ergeben, daß die Größe des Nebenstroms im Verhältniß zum Hauptstrom durch die Formel ab^{V^d} ausgedrückt wird, worin b constant und $a = Me$ ist, nämlich e ebenfalls constant und M von dem Verhältniß der compensirten Längen des gespannten Nebendrahts und des ihn schließenden Bügels abhängig; setzt man also den nur vom Abstände d abhängigen Theil $eb^{V^d} = n$, so ist die Intensität des Nebenstroms $= Mn$; nimmt man dann weiter an, daß der Nebenstrom eben so auf den Hauptstrom wirke, wie dieser auf sich selbst, übt er also als Einheit genommen eine Kraft $= n$ aus, so ist die Wirkung des Nebenstroms auf den Hauptdraht $= Mn^2$ und wir müssen die beobachteten Werthe von $x = 8,05(1 - Mn^2)$ setzen. Diefes giebt:

für $d = 1$, Mn^2 beob. $= 0,3225$, ber. $= 0,3195$ - $d = 2$, Mn^2 - $= 0,2432$, - $= 0,2433$ - $d = 3$, Mn^2 - $= 0,1948$, - $= 0,1974$ - $d = 4$, Mn^2 - $= 0,1662$, - $= 0,1655$.

Da $Mn^2 = M(eb^{V^d})^2$ ist, und M zu $\frac{1}{13}$ angenommen werden kann, in sofern die auf den gebräuchlichen Kupferdraht compensirte Länge des Bügels etwa 0,7 betragen mag, so bekommt man als die passendsten Werthe für e und b $\log b = 0,85720 - 1$ und $\log e = 0,91237 - 1$, zwei Werthe, die mit den früheren Untersuchungen in vollkommener Uebereinstimmung stehen, und somit die Gültigkeit der obigen Annahmen erweisen. — Zur weiteren Bestätigung des vor-

stehenden Factums wurde der auf $1d$ eingestellte Nebendraht statt mit dem kupfernen Bügel mit anderen Drähten geschlossen, wodurch M allein sich änderte. Diese Schließungsdrähte waren 1) S' K., in welchem Falle $M = \frac{1}{2}$ ist, 2) $4'$ Platindraht von $0,081$ Lin. Durchmesser, wo $M = \frac{8}{13,7}$, da nach meinen früheren Untersuchungen $4'$ Pl. $= 5,7$ K. zu setzen sind. 3) $12'$ K., wo $M = \frac{2}{5}$ ist. Die Beobachtungen gaben:

1)	L. d. B.	SVV.	red. SVV.
	46,50	16,68	14,35
	50,00	17,82	14,25
	53,50	19,02	14,22
	Mittel		14,27

hieraus $x = 6,644$, also $M(eb)^2 = 0,1747$ und $(eb)^2 = 0,3494$;

2)	L. d. B.	SVV.	red. SVV.
	46,50	15,98	13,75
	50,00	17,40	13,92
	53,50	18,57	13,89
	Mittel		13,85

hieraus $x = 6,363$, also $M(eb)^2 = 0,2096$ und $(eb)^2 = 0,3589$.

3)	L. d. B.	SVV.	red. SVV.
	46,50	17,01	14,63
	46,50	17,20	14,80
	46,50	17,14	14,74
	Mittel		14,72

hieraus $x = 6,956$, also $M(eb)^2 = 0,1359$ und $(eb)^2 = 0,3397$
im Mittel $(eb)^2 = 0,3493$.

Die vier oben berechneten Versuche liefern $(eb)^2 = 0,3461$, oder nach der unmittelbaren Beobachtung bei $d = 1$ $(eb)^2 = 0,3493$, zwei, wie man sieht, mit der vorstehenden übereinstimmende Zahlen.

Jetzt wurde der Funkenmesser in den Nebendraht selbst gebracht, indem er D' und G' verband; der Schließungsbogen der Batterie blieb wie in Fig. 3, Taf. I. Indem die Abstände der gespannten Drähte von $1d$ bis $4d$ verändert wurden, entstanden folgende Angaben:

a) Abstand = 1 d.

L. d. B.	SVV.	red. SVV.
46,50	8,73	7,51
46,50	8,73	7,51
50,00	9,39	7,51
50,00	9,31	7,45
53,50	10,18	7,61
53,50	10,11	7,56
Mittel		7,53

b) Abstand = 2 d.

L. d. B.	SVV.	red. SVV.
53,50	8,52	6,37
53,50	8,81	6,59
57,00	9,10	6,39
57,00	9,10	6,39
60,50	10,11	6,68
60,50	9,82	6,49
Mittel		6,49

c) Abstand = 3 d.

L. d. B.	SVV.	red. SVV.
57,00	8,37	5,88
57,00	8,37	5,88
60,50	8,81	5,88
60,50	8,67	5,73
64,00	9,61	6,01
64,00	9,32	5,82
Mittel		5,87

d) Abstand = 4 d.

L. d. B.	SVV.	red. SVV.
67,50	9,10	5,39
67,50	9,17	5,43
71,00	9,74	5,48
71,00	9,53	5,37
74,50	10,26	5,51
74,50	10,11	5,43
Mittel		5,43

Um die Bedeutung dieser Zahlen zu bekommen, muß man beachten, daß der Funkenmesser die SVV. angiebt, bei welcher der Funke auf der Gränze steht, sowohl zu erscheinen als auszubleiben; im ersteren Falle stellt sich dann der Nebenstrom her, im anderen kommt er nicht zur Strömung. Nehmen wir nun hinzu, daß wie der Funke die Luft zwischen den Kugeln durchbrochen hat, sich der Strömung weiter kein Hinderniß entgegenstellt, so kann der erste Durchbruch nur von der Spannung bedingt seyn, die auch besteht, wenn schon kein Funke erscheint und keine Strömung erfolgt, also hier allein von der Spannung, die jener ruhenden Kette zukommt, die wir weiter oben nachgewiesen haben. Unter diesen Umständen sind die Zahlen des Funkenmessers ohne Hinzufügung von 2,61 in Rechnung zu nehmen. Stellen wir sie unter die Form ab^{V^d} , so finden wir $a = 10,382$ und $\log b = 0,85800 - 1$. Der letztere Werth paßt zunächst wieder vollkommen, die Bedeutung des ersteren müssen wir dagegen noch aufsuchen. Zum Belege für die Gültigkeit der Rechnung haben wir übrigens:

d	red. SW. beob.	red. SW. ber.
1	7,53	7,49
2	6,49	6,54
3	5,87	5,89
4	5,43	5,40

Um Aufschluss über a zu erhalten, wurden 4' K. zuerst vor, dann hinter dem gespannten Drahte in den Schließungsbogen der Batterie eingeschaltet. Als hierbei der Nebendraht um $1d$ vom Hauptdrahte abstand, gab der Funkenmesser:

im erstern Fall			im andern Fall		
L. d. B.	SW.	red. SW.	L. d. B.	SW.	red. SW.
60,50	9,10	6,02	60,50	9,10	6,02
60,50	9,31	6,16	60,50	9,31	6,16
60,50	9,24	6,11	60,50	9,24	6,11
Mittel		6,10	Mittel		6,10

also in beiden Fällen 6,10 statt der früheren Zahl 7,53. Diese Versuche lehren, dass mit der verkleinerten Spannungsdifferenz auf dem gespannten Hauptdrahte die Spannungsdifferenz auf dem Nebendrahte abnimmt. Nun hat aber bei unverändertem Schließungsdrahte der gespannte Theil nach $8,05 : 17,15 = x : 40,00$ eine Spannungsdifferenz $= 18,78$, und bei einem um 4' verlängerten aus $8,05 : 21,15 = x : 40,00$ eine Spannungsdifferenz $= 15,22$; ferner verhalten sich $18,78 : 15,22$ genau wie $7,53 : 6,10$, demnach ist a proportional zur Spannungsdifferenz auf dem inducirenden Drahte. Nimmt man $18,78$ zur Einheit, so findet man $\log a = 0,74259 - 1$, einen Werth, der kleiner ist als der gewöhnliche für $\log e$, der aber an den früheren erinnert, wo auf dem Hauptdrahte die Spannungsdifferenz durch Induction sich steigerte. Die folgenden Beobachtungen erläutern den Hergang. Es wurde nämlich bei unverändertem Schließungsbogen der Batterie der Nebendraht auf $1d$ eingestellt und mit dem Funkenmesser geschlossen; darauf wurde, um einen kleinen Fehler bei der Einstellung der Distanz $1d$ unschädlich zu machen, die SW. erstens beobachtet, wenn der Nebendraht sonst frei blieb, zweitens wenn er noch außerdem mit 20' K. ge-

schlossen, drittens wenn er noch mit 12' K., und viertens mit 8' K. geschlossen wurde. In den drei letzten Fällen kam natürlich der Nebenstrom durch den schliessenden Draht zur Strömung, und zwar im zweiten Falle mit einer Intensität $=\frac{2}{7}$, im dritten mit einer Intensität $=\frac{3}{5}$, im vierten mit einer Intensität $=\frac{1}{2}$; die Beobachtungen am Funkenmesser konnten nur angeben, ob auch in diesen Fällen an den Enden des Nebendrahts eine Spannungsdifferenz zurückblieb. Ich erhielt hier:

Erster Fall.			Zweiter Fall.		
L. d. B.	SVV.	red. SVV.	L. d. B.	SVV.	red. SVV.
46,50	8,88	7,64	53,50	8,09	6,03
46,50	8,95	7,70	53,50	8,02	5,99
46,50	8,88	7,64	53,50	8,02	5,99
Mittel		7,66	Mittel		6,01

Dritter Fall.			Vierter Fall.		
L. d. B.	SVV.	red. SVV.	L. d. B.	SVV.	red. SVV.
60,50	7,73	5,11	74,50	8,23	4,42
60,50	7,73	5,11	74,50	8,02	4,31
60,50	7,66	5,07	74,50	8,16	4,38
Mittel		5,10	Mittel		4,37

Die Betrachtung dieser Beobachtungen lehrt sogleich, dass die Spannung der Kette im Nebendraht um desto stärker absorbiert wird, je gröfser die Intensität ist, welche der wirklich strömende Nebenstrom erlangt, denn die Kette behält gerade noch so viele Spannung zurück, als dem Theile entspricht, der nicht durch die Strömung vertilgt wird. Man hat nämlich:

$$\begin{array}{ll}
 \text{für den ersten Fall} & 7,66 \\
 - \quad - \quad \text{zweiten Fall} & 6,01 = \frac{8,41 \times 5}{7} \\
 - \quad - \quad \text{dritten Fall} & 5,10 = \frac{8,50 \times 3}{5} \\
 - \quad - \quad \text{vierten Fall} & 4,37 = \frac{8,74 \times 1}{2}
 \end{array}$$

Da die Zahlen 7,66, 8,41, 8,50, 8,74 nach und nach wachsen, so muss offenbar die erregte Spannung, je gröfser sie

ist, sich desto mehr zurückstemmen, wie dieß auch kaum anders erwartet werden kann. Wir wollen daher diese Zahlen zunächst auf den erregenden Hauptstrom als Einheit zurückführen, da die Spannungsdifferenz des inducierenden Drahtes wegen des stattfindenden Nebenstroms sich nicht gleich bleibt. Nach den früheren Angaben ist aber die Spannungsdifferenz für den ersten Fall 18,78, für den zweiten 17,72, für den dritten 17,28, für den vierten 16,87, hiemit bekommen wir für die vier Fälle die Verhältniszahlen 0,4079, 0,4746, 0,4919, 0,5181. Stellen wir diese Zahlen unter die Formeln $x=0,4079(1+p)$, $x=0,4746(1+\frac{2}{3}p)$, $x=0,4919(1+\frac{9}{2}p)$, $x=0,5181(1+\frac{1}{4}p)$, indem x die Spannungsdifferenz des Nebenstroms anzeigt, die hervortreten müßte, wenn nicht ein zum Quadrate der vorhandenen Spannung stehendes Zurückstemmen stattfände, so bekommen wir $x=0,5655$ und $p=0,3864$, so daß die beobachteten Spannungsdifferenzen sich der Reihe nach zu 7,66, 5,98, 5,14, 4,35 berechnen. Der hier gefundene Werth von x stimmt wieder vollkommen mit dem Werthe von n'' überein, den oben die Spannung der Kette auf dem Hauptdrahte selbst bei conträrer Strömung in den beiden gespannten Drähten geliefert hatte. Man sieht also hieraus, daß der gleiche Grund eines Aufstommens dort auch den Werth von n' verringert.

Ueerblicken wir jetzt die gefundenen Resultate, so können wir über die Entstehung des elektrischen Nebenstroms sicher Folgendes angeben. Sobald dem Entladungsstrome der Batterie ein Draht genähert wird, erregt er vermöge seiner freien Spannung in ihm eine Kette, an deren Enden elektrische Spannung hervortritt; er formirt diesen Draht gewissermaßen zu einer Batterie um, die an dem vorderen Ende des Drahtes positive, am anderen negative Electricität hat. Bleibt der Nebendraht ungeschlossen, so bleibt diese Kette gespannt, ohne Einwirkung auf den Hauptdraht zu zeigen; wird er dagegen durch einen anderen Draht geschlossen, so findet eine Entladung in dem Maafse statt, als es das schon früher angegebene Verhältniß der com-

pensirten Längen beider Theile des Nebendrahtes gestattet; aber mit jeder neuen Entladung bringt auch der Hauptstrom eine neue Ladung zuwege, so daß die Kette immer in dem Verhältniß geladen bleibt, als die erregende Kraft nicht zur Strömung absorbiert wird. Der Nebenstrom begleitet deshalb den Hauptstrom continuirlich, er währt mit ihm gleiche Zeit und unterscheidet sich eben dadurch wesentlich von dem galvanischen Nebenstrom, der nur beim Beginn und Aufhören des inducirenden Stromes hervortritt. Die nebenstromerregende Kraft des Hauptstromes steht ferner unter denselben Gesetzen, nach welchen von freier Elektrizität die ihr entgegengesetzte gebunden wird; bei der Entfernung d (nach 3 Par. Lin. als Einheit gemessen) des inducirenden und inducirten Drahtes von einander ist die erregende Kraft $=eb^{1/d}$, worin $\log e$ ungefähr $=0,90000-1$ und $\log b=0,85000-1$ ist. Merkwürdig ist es, daß die Versuche mit dem Funkenmesser wieder genau denselben Werth für $\log b$ geben, wie die Beobachtungen mit der Coulomb'schen Drehwage, wogegen die Messungen mit dem Luftthermometer etwas kleinere Zahlen geliefert hatten. Ich glaube, daß die Differenz in der Bestimmung der compensirten Drahtlängen liegt, deren Verhältniß gegen einander, weil bei Beobachtungen mit dem Luftthermometer immer feine Drähte mit stärkeren combinirt werden, nicht für verschiedene Abstände d ganz unverändert bleiben mag.

Obschon die früheren Versuche über Spannungsverhältnisse eine Mifslichkeit bei Anwendung feinerer Drähte darin nachgewiesen hatten, daß bei einer Batterie aus wenigen Flaschen und bei geringen Ladungen sich kleinere SW. am Funkenmesser herausstellen, als verlangt werden, so mochte ich doch den Gebrauch feinerer Drähte nicht gern ganz übergehen, weil die mit dem Luftthermometer angestellten Beobachtungen einige besondere Gesetze für dieselben ergeben hatten. In der That zeigte sich der berührte Uebelstand, zum Theil in noch stärkerem Maasse,

indess ist der Werth der Beobachtungen, wie ich glaube, doch von einigem Belange, so dafs ich sie hier zum Schlusse mitzutheilen mir erlaube. Der Schliefsungsbogen der Batterie blieb wie in Fig. 3, Taf. I, und als Nebendraht wurde ein feiner Stahldraht von 8,05 Länge und 0,102 Linien Durchmesser ausgespannt. Als der Funkenmesser denselben schlofs, gab er folgende Zahlen.

Abstand der Drähte = 1d.

Zahl d. Flaschen in der Batterie.	Ladung der Batterie.	Schlagweite.	reducirte Schlagweite.
2	43,00	7,81	7,27
2	43,00	7,95	7,39
2	43,00	7,95	7,39
			Mittel 7,35
2	46,50	8,95	7,70
2	46,50	8,95	7,70
2	46,50	8,81	7,58
			Mittel 7,66
2	53,50	10,74	8,03
2	53,50	10,81	8,08
2	53,50	10,81	8,08
			Mittel 8,06
3	43,00	8,37	7,79
3	43,00	8,37	7,79
3	43,00	8,37	7,79
			Mittel 7,79
3	53,50	11,10	8,30
3	53,50	11,24	8,40
3	53,50	11,17	8,35
			Mittel 8,35

Abstand der Drähte = 2d.

2	50,00	7,58	6,06
2	50,00	7,65	6,12
2	50,00	7,65	6,12
			Mittel 6,10
2	53,50	8,44	6,31
2	53,50	8,66	6,47
2	53,50	8,37	6,26
			Mittel 6,35

Zahl d. Flaschen in der Batterie.	Ladung der Batterie.	Schlagweite.	reducirte Schlagweite.
2	60,50	9,60	6,35
2	60,50	9,60	6,35
2	60,50	9,81	6,49
Mittel			6,40

Abstand der Drähte = 3d

2	60,50	8,16	5,40
2	60,50	8,23	5,44
2	60,50	8,44	5,58
Mittel			5,47
2	67,50	9,68	5,74
2	67,50	9,68	5,74
2	67,50	9,75	5,78
Mittel			5,75

Abstand der Drähte = 4d.

2	67,50	8,30	4,92
2	67,50	8,30	4,92
2	67,50	8,37	4,96
Mittel			4,93
2	74,50	9,25	4,97
2	74,50	9,18	4,93
2	74,50	9,39	5,04
Mittel			4,98

Wie man sieht, sind die SW. vom Funkenmesser ziemlich veränderlich. Nimmt man diejenigen Werthe zusammen, wo die nicht red. SW. bei einer Batterie von zwei Flaschen nahe gleich groß ist, so bekommt man:

d.	red, SVV. beob.	red. SVV. ber.
1	7,35	7,33
2	6,20	6,22
3	5,47	5,48
4	4,93	4,92

Nach der Formel $\text{red. SW.} = ab^{V^d}$ nämlich berechnet, ist $\log b = 0,82680 - 1$ und $a = 10,9265$. Hiernach scheint $\log b$ etwas kleiner zu werden, wie diess auch die Beobachtungen am Luftthermometer gegeben hatten. — Als ferner der Nebendraht mit dem kupfernen Bügel geschlossen

wurde, gab der in den Hauptdraht zwischen *D* und *G* eingeschaltete Funkenmesser bei einer hier zureichenden Batterie von zwei Flaschen.

Abstand der Drähte = 1 d.			Abstand der Drähte = 4 d.		
L. d. B.	SVV.	red. SVV.	L. d. B.	SVV.	red. SVV.
39,50	13,31	13,47	39,50	14,54	14,72
39,50	13,37	13,53	39,50	14,73	14,91
39,50	13,31	13,47	39,50	14,66	14,84
46,50	15,71	13,51	46,50	17,14	14,75
46,50	15,71	13,51	46,50	17,20	14,80
46,50	15,84	13,62	46,50	17,20	14,80
Mittel		13,52	Mittel		14,80

Die erste Beobachtung bestimmt die compensirte Länge x des gespannten Drahtes = 6,1492 und daraus $M'(eb)^2 = 0,2361$, die andere $x = 7,0133$ und daraus $M'(eb^2)^2 = 0,1288$. Vergleicht man diese Zahlen mit den obigen für $M(eb)^2$ und $M(eb^2)^2$ bei stärkeren Drähten, nämlich mit 0,3225 und 0,1662, so ist ihr Verhältniß wie 1 : 1,366 und 1 : 1,291, im Mittel wie 1 : 1,328; es hat sich also die Stärke des Nebenstroms verkleinert und damit seine Rückwirkung auf den Hauptdraht. Nach den Beobachtungen mit dem Luftthermometer fanden wir aber auch, daß e bei feinen Nebendrähten in dem Maafse kleiner wird, als ihre compensirte Länge größer ausfällt, daß sie dagegen in der Hauptleitung als inducirend angewandt auf stärkere Drähte mit unverändertem e einwirken. Wenn jetzt die directe Beobachtung mit dem Funkenmesser bei einer Batterie aus drei Flaschen, als derselbe den Stahldraht schloß und in den Schließungsbogen noch 9,7 Fufs K. eingingen, folgende Zahlen gab:

L. d. B.	SVV.	red. SVV.
46,50	21,33	18,35
46,50	21,46	18,46
Mittel		18,40

und daraus die compensirte Länge des Stahldrahts = 10,73 folgt, so müssen wir $M'(eb)^2$ in $M' \cdot \frac{8,05}{10,73} (eb)^3$ und eben

so $M'(eb^2)^2$ in $M' \frac{8,05}{10,73} (eb^2)^2$ umschreiben, und finden dann die Verhältnisszahl gegen $M(eb)^2$ und $M(eb^2)^2$, da $M = \frac{8,05}{8,72}$ angenommen sich für M' der Werth $\frac{10,73}{11,40}$ ergibt, wie 1 : 1,307, was mit den Beobachtungen hinreichend übereinstimmt, und demnach die Gültigkeit des mit dem Luftthermometer gefundenen Gesetzes verbürgt.

Damit indeß die eben ermittelten Facta nicht auf Rechnung des vergrößerten Leitungswiderstandes gesetzt werden mögen, wurde als Nebendraht noch ein feiner Kupferdraht von 8,05 Länge und 0,104 Linien Durchmesser genommen. Der Hauptdraht blieb unverändert und der Funkenmesser befand sich bei einer Batterie von zwei Flaschen im Nebendrahte. Es ergab sich:

Abstand der Drähte = 1d.			Abstand der Drähte = 4d.		
L. d. B.	SW.	red. SW.	L. d. B.	SW.	red. SW.
39,50	8,01	8,11	67,50	9,38	5,57
39,50	8,15	8,25	67,50	9,38	5,57
39,50	8,08	8,18	67,50	9,24	5,48
	Mittel	8,18		Mittel	5,54
46,50	9,89	8,51	74,50	10,59	5,68
46,50	9,89	8,51	74,50	10,59	5,68
46,50	9,89	8,51	74,50	10,45	5,61
	Mittel	8,51		Mittel	5,66
53,50	11,54	8,63			
53,50	11,61	8,68			
53,50	11,47	8,57			
	Mittel	8,63			

Setzt man red. SW. bei 1d=8,56 und bei 4d=5,66, welche Werthe ungefähr zu gleicher beobachteten SW. gehören mögen, so ist $\log b = 0,82035 - 1$, also wieder kleiner als gewöhnlich. — Als Rückwirkung auf den Hauptdraht gab der mit dem Bügel geschlossene Nebendraht.

Abstand = $1d$.			Abstand = $4d$		
L. d. B.	SVV.	red. SVV.	L. d. B.	SVV.	red. SVV.
39,50	12,85	13,01	39,50	14,54	14,72
39,50	12,85	13,01	39,50	14,54	14,72
39,50	12,91	13,07	39,50	14,48	14,66
		Mittel 13,03			Mittel 14,70

Auch hier ist, da $x=5,8433$ und bei $4d=6,9423$ ist, die rückwirkende Kraft nur 0,2741 und 0,1376, also gegen früher im Verhältniß von 1 : 1,1766 und 1 : 1,2080, im Mittel wie 1 : 1,192 verringert. Die Beobachtungen geben aber die compensirte Länge des feinen Kupferdrahtes = 9',57, weshalb der Nebenstrom im Verhältniß von 1 : 1,174 vermindert seyn muß. Also auch hier die Bestätigung des nach den Beobachtungen mit dem Luftthermometer zuerst aufgestellten Gesetzes.

Meiningen, Juni 1846.

VII. *Ein neuer Ausdruck des Hauptsatzes der Dioptrik; von Ferd. Minding,*

Professor zu Dorpat ¹⁾).

Das allgemein bekannte Gesetz der einfachen Brechung der Lichtstrahlen läßt sich auf einen Ausdruck bringen, welcher für die Anwendung oft bequemer ist als der gewöhnliche, weil er die beiden für den gebrochenen Strahl nöthigen Bestimmungen in einer einzigen Gleichung zusammenfaßt. Dieser Ausdruck ist folgender:

Der Cosinus der Neigung des verlängerten einfallenden Strahles gegen irgend ein beliebig auf der Gränzfläche des brechenden Mittels vom Einfallspunkte aus gezogenes Linearelement steht zu dem Cosinus der Neigung des gebrochenen Strahles gegen dasselbe Linearelement in einem beständigen Verhältnisse, nämlich dem bekannten Brechungsverhältnisse.

1) *Bullet. phys.-math. de l'acad. de St. Petersb., T. V., p. 113.*

Der Beweis ist sehr einfach. Um den Einfallspunkt O beschreibe man eine Kugelfläche, welche von dem über O hinaus verlängerten einfallenden Strahle in A , von dem gebrochenen Strahle in B , von dem Einfallslothe in N getroffen werde (Fig. 1, Taf. II ¹⁾), so liegen die Punkte N , A , B in einem größten Kreise, so daß $\sin BN = n \cdot \sin AN$, wenn n das Brechungsverhältniß ist. Man verlängere den Bogen NB bis C , so daß NC ein Quadrant sey. Ein auf der Gränzfläche des brechenden Mittels von O aus gezogenes Linearelement treffe, in gerader Richtung verlängert, die Kugelfläche in D , so ist ND ein Quadrant, oder N der Pol des Kreises DC . Da nun $\cos BC = n \cdot \cos AC$ und $\cos BD = \cos BC \cdot \cos CD$, $\cos AD = \cos AC \cdot \cos CD$, so ist auch:

$$\cos BD = n \cdot \cos AD, \text{ w. z. b. w.}$$

Die Verbindung des gebrochenen Strahles mit dem einfallenden wird daher durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$\cos \alpha' dx + \cos \beta' dy + \cos \gamma' dz = n [\cos \alpha dx + \cos \beta dy + \cos \gamma dz] \quad (1)$$

in welcher α , β , γ die Neigungen des einfallenden α' , β' , γ' , die des gebrochenen Strahles gegen die drei Axen, x , y , z die Coordinaten des Einfallspunktes O sind. Führt man in diese Gleichung noch den Differentialausdruck der Gränzfläche ein, nämlich $dz = p dx + p' dy$, so zerfällt sie in zwei andere, indem jeder der Coefficienten von dx und von dy für sich verschwinden muß. Welche von den beiden Auflösungen dieser Gleichungen gewählt werden müsse, ist leicht zu entscheiden.

Im 14. Bande der *Annales* von Gergonne findet sich eine Abhandlung vom Herausgeber: *Propriétés générales des faisceaux lumineux*, worin hauptsächlich ein von Malus und Dupin gefundener Satz bewiesen wird, nach welchem Strahlen, die eine senkrechte Schneidungsfläche haben, auch nach beliebigen Brechungen diese Eigenschaft behalten, welchem Satze Hr. Gergonne noch den hinzufügt, daß wenn die einfallenden Strahlen auf einer Fläche senkrecht stehen, die Wirkung beliebig vieler Brechungen immer durch

1) Wird dem nächsten Heft beigegeben.

P.

eine einzige Brechung, und zwar auf unendlich viele Arten, ersetzt werden kann.

Die Beweise dieser Sätze erfordern in jener Abhandlung einen nicht geringen Rechnungsaufwand, bis endlich am Schlusse eine Gleichung hervorgeht (bezeichnet mit (q) , S. 182), welche gerade den oben aufgestellten Ausdruck des Brechungsgesetzes enthält, deren einfache geometrische Bedeutung aber nicht bemerkt worden, und eben deshalb auch für die folgenden Bearbeiter der Dioptrik verloren gegangen ist. Wird dieser Ausdruck an die Spitze gestellt, so folgt der Satz von Dupin sogleich.

Es seyen u, v, w die Coordinaten eines Punktes des einfallenden, u', v', w' die eines Punktes des gebrochenen Strahles, x, y, z wie bisher die Coordinaten des Einfallspunktes, q und q' Abschnitte der beiden Strahlen, nämlich:

$$q^2 = (x-u)^2 + (y-v)^2 + (z-w)^2, \\ q'^2 = (x-u')^2 + (y-v')^2 + (z-w')^2,$$

so ist $q \cos \alpha = x - u$, u. s. f., daher verwandelt sich die Gleichung 1 in folgende:

$$\frac{1}{q} \left[(x-u')dx + (y-v')dy + (z-w')dz \right] \Bigg\} \dots (2) \\ = \frac{n}{q} \left[(x-u)dx + (y-v)dy + (z-w)dz \right]$$

Haben nun die einfallenden Strahlen eine senkrechte Schneidungsfläche, und bezieht man u, v, w auf die Punkte derselben, so ist:

$$(x-u)du + (y-v)dv + (z-w)dw = 0,$$

daher:

$$(x-u)dx + (y-v)dy + (z-w)dz \\ = (x-u)(dx-du) + (y-v)(dy-dv) + (z-w)(dz-dw) = qdq,$$

und:

$$\frac{1}{q} \left[(x-u')dx + (y-v')dy + (z-w')dz \right] = ndq \dots (3)$$

In diesen Gleichungen sind z, u, v, w als gegebene Functionen von x und y anzusehen. Man setze:

$$dz = p dx + p' dy,$$

und bestimme u', v', w' durch die Gleichungen:

$$\frac{x-u'+p(z-w')}{q'} = n \frac{x-u+p(z-w)}{q},$$

$$\frac{y-v'+p'(z-w')}{q'} = n \frac{y-v+p'(z-w)}{q},$$

$$q' = nq + \text{Const.},$$

so ist (u', v', w') ein Punkt des gebrochenen Strahles, und man hat $dq' = ndq$, oder:

$$\frac{1}{q'} \left[(x-u')(dx-du') + (y-v')(dy-dv') + (z-w')(dz-dw') \right] = ndq.$$

folglich durch Vergleichung mit (3):

$$(x-u')du' + (y-v')dv' + (z-w')dw' = 0,$$

d. h. die so bestimmten Werthe von u', v', w' gehören einer senkrechten Schneidungsfläche der gebrochenen Strahlen, w. z. b. w.

Was den zweiten von Hrn. Gergonne hinzugefügten Satz betrifft, so bedient sich der Verfasser zum Beweise desselben eben jener von ihm durch analytische Verwandlungen erhaltenen Gleichung (q) , indem er nachweist, daß dieselbe integrabel ist, wenn den einfallenden, und mithin auch den gebrochenen Strahlen eine senkrechte Schneidungsfläche zukommt. Das Integral dieser Gleichung ist kein anderes als die vorige Gleichung:

$$q' = nq + \text{Const.},$$

und der Satz selbst ergibt sich unmittelbar aus dem Vorhergehenden wie folgt:

Sind $f(uvw) = 0$ und $\varphi(u'v'w') = 0$ die Gleichungen zweier Flächen, welche als senkrechte Schneidungsflächen zweier Strahlensysteme angesehen werden, und eliminiert man die sechs Größen u, v, w, u', v', w' aus den folgenden sieben Gleichungen:

$$f(uvw) = 0, \quad \frac{x-u}{\frac{df}{du}} = \frac{y-v}{\frac{df}{dv}} = \frac{z-w}{\frac{df}{dw}};$$

$$\varphi(u'v'w') = 0, \quad \frac{x-u'}{\frac{d\varphi}{du'}} = \frac{y-v'}{\frac{d\varphi}{dv'}} = \frac{z-w'}{\frac{d\varphi}{dw'}};$$

$$\sqrt{(x-u')^2 + (y-v')^2 + (z-w')^2} = n \sqrt{(x-u)^2 + (y-v)^2 + (z-w)^2} + \text{Const.},$$

so drückt die hierdurch entstehende Gleichung zwischen x, y, z , in welcher die Constante ganz beliebig bleibt, die Gränzfläche des brechenden Mittels aus, welche geeignet ist, das erste Strahlensystem durch Brechung in das zweite zu verwandeln. Sollen z. B. Strahlen aus einem Punkte (abc) wieder in einen Punkt ($a'b'c'$) vereinigt werden, so erhält man für die dazu erforderliche Gränzfläche des brechenden Mittels sogleich:

$$q' = nq + \text{Const.},$$

oder:

$$\begin{aligned} & \sqrt{(x-a')^2 + (y-b')^2 + (z-c')^2} \\ &= n \sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2} + \text{Const.} \end{aligned}$$

wie bekannt.

Die Einfachheit dieser Herleitungen läßt nicht bezweifeln, daß der obige Ausdruck des Brechungsgesetzes mit Nutzen in die Darstellungen der analytischen Dioptrik eingeführt werden würde.

VIII. Ueber die Gleichungen für das unter der Wirkung des Magnetismus stehende Licht; von G. B. Airy.

(*Phil. Mag., Ser. III, Vol. XXVIII, p. 469.*)

Durch die Güte des Hrn. Faraday bin ich im Stande gewesen, die Drehung der Polarisationsebene des Lichts, welches durch Borsäure-Glas oder ein anderes Mittel geht, während es unter der Wirkung magnetischer, nahezu seine Richtung besitzender Ströme steht, in der genügendsten Weise zu beobachten. Besonders habe ich mich von der sehr merkwürdigen Thatsache überzeugt, daß wenn dem Licht entgegengesetzte Richtung gegeben wird, während die magnetische Vorrichtung dieselbe bleibt, die Polarisations-ebene, in Bezug auf den Raum, dieselbe Aenderung in der Lage erleidet, oder, in Bezug auf die Ausdrücke »Drehung

zur

zur Rechten, Drehung zur Linken«, gegen das Auge des Beobachters entgegengesetzte Aenderungen in der Lage erfährt.

Erwägt man die wichtige Thatsache, daß diese Aenderung sonst nicht von einem durchsichtigen Körper hervorgebracht wird, so scheint es unmöglich der Ansicht zu widerstehen, daß die Wirkung auf das Licht mittelbar, durch den Einfluß der magnetischen Kräfte auf den durchsichtigen Körper, erzeugt wird. Der Gegenstand dieser Mittheilung ist, anzugeben, wie meiner Meinung nach die Form der mathematischen Gleichungen für die Bewegungen der Theilchen des Glases u. s. w. oder des darin enthaltenen Aethers beschaffen seyn muß, um die Erscheinungen nach mechanischen Gesetzen zu erklären.

Um meine sehr unvollkommene Muthmaßung zu rechtfertigen, halte ich für gut, meine Meinung über den gegenwärtigen Zustand der optischen Theorie und über verschiedene Bestrebungen auszusprechen, die, ungeachtet sie zu nichts Conclusiven führten, doch zu den wirklich intellectuellen Fortschritten der Wissenschaft beigetragen haben.

An der Richtigkeit der Undulationstheorie, als geometrischen Darstellung des Lichts durch Undulationen mit transversalen Vibrationen, deren Zerfällung in gegen einander winkelrechten Vibrationen die Polarisation ausmacht, hege ich nicht den leisesten Zweifel. Diese Vibrationen, auf welche Weise sie auch anfänglich erzeugt seyn mögen, werden meines Dafürhaltens fortgepflanzt nach mechanischen Gesetzen durch die Anziehungs- oder Abstofsungskräfte der Theilchen des Mediums, oder der des angenommenen Aethers, oder der beider vereint. Allein ich kenne keine mechanische Theorie, der ich grofse Wichtigkeit oder unbedenklichen Glauben beimäße. Defsungeachtet glaube ich, daß die Ausarbeitung und Veröffentlichung dieser mechanischen Theorien vortheilhaft für die Wissenschaft gewesen ist, indem dadurch gezeigt ward, daß mechanische Gesetze *im Stande seyn können* Effecte zu erklären, die nie zuvor mechanischen Gesetzen zugeschrieben wurden. Für

die Fortschritte des Verständnisses ist es sehr wichtig gewesen zu zeigen, daß eine Veränderung von Geschwindigkeiten, als abhängig von der Periode der Oscillationen, mechanisch möglich sey; und eben so wichtig ist es gewesen, die mechanische Möglichkeit transversaler Vibrationen und die der Trennung verschieden polarisirter Strahlen in Krystallen nachzuweisen. Ich glaube nicht, daß eine der mechanischen Erklärungen vollkommen sey, wohl aber daß apriorische Schwierigkeiten entfernt worden sind, und jetzt viele Aussicht vorhanden ist, das Ganze auf eine mechanische Erklärung zurückzuführen.

In einigen Fällen hat die mechanische Theorie beim ersten Schritt gestockt, wie z. B. bei den sehr merkwürdigen Gleichungen, die vom Prof. Mac Cullagh als Representationen der charakteristischen Erscheinungen des Quarzes aufgestellt worden sind. Es war hier wichtig zu zeigen, daß dadurch selbst die Möglichkeit einer Zurückführung dieser anomalen Thatfachen auf mechanische Gesetze eröffnet worden sey. Die Hypothese, welche Gegenstand dieses Aufsatzes ausmacht, ist von gleicher Art wie die des Prof. Mac Cullagh.

Um die Drehung der Polarisationsebene auf Gesetze zurückzuführen, werde ich dem Beispiele Fresnel's folgen, nämlich annehmen, daß linear-polarisirtes Licht betrachtet werden könne als zusammengesetzt aus zwei circular-polarisirten Bündeln, einem rechts und einem links circulirenden, und daß die Drehung der Ebene durch einen Unterschied in den Geschwindigkeiten dieser beiden Bündel hervorgebracht werde. Und dieß ist, wie ich bei dieser Gelegenheit bemerken will, der einfachste Weg die Veränderung zu begreifen, wenigstens in Fällen wie dem des Quarzes u. s. w., und dem in Rede stehenden, wo bei jeglicher Lage der Polarisationsebene die nämliche Aenderung bewirkt wird (eine Thatfache, die Hr. Faraday auf mein Ersuchen sorgfältig festgestellt hat). Obgleich eine ebene Schwingung sich leichter auffassen läßt, wenn die Schwingungsebene unmittelbar auf die Reflexionsebene bezogen

wird, so ist doch die Vorstellung zweier circularer Schwingungen leichter, wenn die Ebene der zusammengesetzten Schwingung keinen Bezug hat zu irgend einer Ebene in dem Apparat, wirklich vollkommen willkürlich ist.

Sey nun x_1 in der Richtung gemessen, in welcher das Licht beim ersten Versuch sich fortpflanzen möge, x_2 in der entgegengesetzten oder in der Richtung, in welcher das Licht sich bewegt, wenn, bei ungeänderter magnetischer Vorrichtung, die relativen Lagen des Polarisators und Analysirers vertauscht werden. Mögen diese horizontal liegen. Sey y_1 horizontal gemessen gegen die Rechte in Bezug auf die Bahn des Lichts beim ersten Versuch, y_2 ebenfalls gegen die Rechte aber in Bezug auf die Bahn des Lichts beim zweiten Versuch oder entgegengesetzt zu y_1 , endlich z vertical in einer bei beiden Versuchen gemeinschaftlichen Richtung.

Um dann für den ersten Versuch die Verschiebung der Theilchen desjenigen circular polarisirten Strahls vorzustellen, worin dieselben, von der Lichtquelle aus gesehen, in umgekehrter Richtung wie ein Uhrzeiger circuliren, und alle, welche ursprünglich in gerader Linie lagen, eine rechtsgewundene Schraubenlinie bilden (welchen Strahl ich den No. I nennen will) hat man, wenn τ die Schwingungsdauer, v' , die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle, Y'_1 und Z'_1 die Verschiebung in Richtung von y_1 und z bedeuten, die Ausdrücke:

$$Y'_1 = a \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x_1}{v'} \right)$$

$$Z'_1 = a \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x_1}{v'} \right).$$

In ähnlicher Weise wird für den ersten Versuch die Verschiebung der Theilchen in demjenigen Strahl, welcher entgegengesetzt circular polarisirt ist, oder in welchen sie, von der Lichtquelle aus gesehen, nach Art eines Uhrzeigers circuliren (welcher Strahl der No. II heißen mag), ausgedrückt durch:

$$Y''_1 = b \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x_1}{v''_1} \right)$$

$$Z''_1 = -b \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x_1}{v''_1} \right).$$

Beim zweiten Versuch müssen wir, um den Strahl No. I vorzustellen, combiniren:

$$Y'_2 = a \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x_2}{v'_2} \right)$$

$$Z'_2 = a \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x_2}{v'_2} \right)$$

und um den Strahl No. II vorzustellen:

$$Y''_2 = b \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x_2}{v''_2} \right)$$

$$Z''_2 = -b \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x_2}{v''_2} \right).$$

Und was sehr wichtig zu bemerken ist: es müssen auf alle diese Verschiebungen dieselben mechanischen Gleichungen bezogen auf dieselben Richtungen im absoluten Raum angewendet werden.

Für gewöhnliche Krystalle oder Flüssigkeiten, welche die Eigenschaft besitzen, die Polarisationsebene, in Bezug auf das Auge des Beobachters, in derselben Richtung zu drehen, der Strahl mag auf der einen oder andern Seite eintreten, sind mechanische Gleichungen aufzusuchen, welche das Resultat ergeben, dafs in beiden Fällen die Geschwindigkeit des Strahles No. I gröfser ist als die des Strahles No. II (oder umgekehrt), so dafs wenn v'_1 gröfser als v''_1 ist, auch v'_2 gröfser als v''_2 seyn mufs. Allein in dem vom Magnetismus afficirten Glase mufs, wenn beim ersten Versuch die Geschwindigkeit des Strahles No. I gröfser ist als die des Strahles No. II, beim zweiten Versuch die Geschwindigkeit des Strahles No. I kleiner seyn als die des Strahles No. II, oder wenn v'_1 gröfser ist als v''_1 , mufs v'_2 kleiner als v''_2 seyn.

Nun ist die Gleichung, welche aus jeder die Fortpflanzung der Wellen erklärenden mechanischen Voraussetzung hergeleitet wird, von der Form:

$$\frac{d^2 Y}{dt^2} = A \cdot \frac{d^2 Y}{dx^2}$$

$$\frac{d^2 Z}{dt^2} = A \cdot \frac{d^2 Z}{dx^2}$$

Und wahrscheinlich ist, daß diese Gleichungen, bei Zusatz eines kleinen Gliedes zu jeder, den Geschwindigkeitsunterschied der Strahlen No. I und No. II erklären wird.

Prof. Mac Cullagh hat dargethan ¹⁾, daß die Gleichungen:

$$\frac{d^2 Y}{dt^2} = A \cdot \frac{d^2 Y}{dx^2} + B \frac{d^3 Z}{dx^3}$$

$$\frac{d^2 Z}{dt^2} = A \cdot \frac{d^2 Z}{dx^2} - B \frac{d^3 Y}{dx^3}$$

diesen Unterschied erklären würden. Ich muß hier bemerken, daß in dem letzten Gliede auf der zweiten Seite der Gleichung jeder Differentialquotient von ungerader Ordnung hingereicht haben würde, die allgemeine Thatsache des Geschwindigkeitsunterschiedes zu erklären. Allein Prof. Mac Cullagh wählte die dritte Ordnung, um den Ausdruck für den Geschwindigkeitsunterschied bei verschiedenen farbigen Strahlen mit der durch Versuche festgestellten Thatsache zu vereinbaren.

Es ist jedoch nöthig zu untersuchen, ob, wenn diese Annahme v'_1 größer als v'' , macht, sie auch v'_2 größer als v''_2 mache. Zu dem Ende müssen wir die verschiedenen Ausdrücke verwandeln in solche, die für dieselben Coordinaten gelten. Sey

$$x_1 = x, \quad x_2 = -x; \quad y_1 = y, \quad y_2 = -y,$$

ferner beim ersten Versuch:

$$Y'_1 = Y', \quad Y''_1 = Y''; \quad Z'_1 = Z', \quad Z''_1 = Z''$$

und beim zweiten:

$$Y'_2 = -Y', \quad Y''_2 = -Y''; \quad Z'_2 = Z', \quad Z''_2 = Z'',$$

so ist beim ersten Versuch für den Strahl No. I:

1) In einer Abhandlung in den *Transact. of the Roy. Irish Acad.*, Vol. XVII, p. 461, die in einem der nächsten Ergänzungshefte mitgetheilt werden wird.

$$Y' = a \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'_1} \right)$$

$$Z' = a \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'_1} \right)$$

und Prof. Mac Cullaghs Gleichungen werden:

$$\begin{aligned} -\frac{4\pi^2}{\tau^2} a \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'_1} \right) &= -A \frac{4\pi^2}{\tau^2} \left(\frac{1}{v'_1} \right)^2 a \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'_1} \right) \\ &\quad + B \frac{8\pi^3}{\tau^3} \left(\frac{1}{v'_1} \right)^3 a \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'_1} \right) \\ -\frac{4\pi^2}{\tau^2} a \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'_1} \right) &= -A \frac{4\pi^2}{\tau^2} \left(\frac{1}{v'_1} \right)^2 a \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'_1} \right) \\ &\quad + B \frac{8\pi^3}{\tau^3} \left(\frac{1}{v'_1} \right)^3 a \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'_1} \right) \end{aligned}$$

welche übereinstimmend geben:

$$(v'_1)^2 = \frac{A}{1 + B \frac{2\pi}{\tau} \left(\frac{1}{v''_1} \right)^3}.$$

Eben so hat man für den Strahl No. II:

$$Y'' = b \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''_1} \right)$$

$$Z'' = -b \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''_1} \right)$$

und die Gleichungen werden:

$$\begin{aligned} -\frac{4\pi^2}{\tau^2} b \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''_1} \right) &= -A \cdot \frac{4\pi^2}{\tau^2} \left(\frac{1}{v''_1} \right)^2 b \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''_1} \right) \\ &\quad - B \cdot \frac{8\pi^3}{\tau^3} \left(\frac{1}{v''_1} \right)^3 b \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''_1} \right) \\ +\frac{4\pi^2}{\tau^2} b \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''_1} \right) &= +A \cdot \frac{4\pi^2}{\tau^2} \left(\frac{1}{v''_1} \right)^2 b \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''_1} \right) \\ &\quad + B \cdot \frac{8\pi^3}{\tau^3} \left(\frac{1}{v''_1} \right)^3 b \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''_1} \right) \end{aligned}$$

welche übereinstimmend geben:

$$(v''_1)^2 = \frac{A}{1 - B \frac{2\pi}{\tau} \left(\frac{1}{v''_1} \right)^3}.$$

Folglich ist v'_1 kleiner als v''_1 .

Beim zweiten Versuch hat man für den Strahl No. I:

$$Y' = -a \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t + \frac{x}{v'_2} \right)$$

$$Z' = a \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t + \frac{x}{v'_2} \right)$$

und die Gleichungen werden:

$$\begin{aligned}
 + \frac{4\pi^2}{v^2} a \cdot \cos \frac{2\pi}{v} \left(t + \frac{x}{v_2} \right) &= + A \cdot \frac{4\pi^2}{v^2} \left(\frac{1}{v_2} \right)^2 a \cdot \cos \frac{2\pi}{v} \left(t + \frac{x}{v_2} \right) \\
 &\quad - B \cdot \frac{8\pi^2}{v^3} \left(\frac{1}{v_2} \right)^3 a \cdot \cos \frac{2\pi}{v} \left(t + \frac{x}{v_2} \right) \\
 - \frac{4\pi^2}{v^2} a \cdot \sin \frac{2\pi}{v} \left(t + \frac{x}{v_2} \right) &= - A \cdot \frac{4\pi^2}{v^2} \left(\frac{1}{v_2} \right)^2 a \cdot \sin \frac{2\pi}{v} \left(t + \frac{x}{v_2} \right) \\
 &\quad + \frac{8\pi^2}{v^3} \left(\frac{1}{v_2} \right)^3 a \cdot \sin \frac{2\pi}{v} \left(t + \frac{x}{v_2} \right),
 \end{aligned}$$

welche übereinstimmend geben:

$$(v'_2)^2 = \frac{A}{1 + B \frac{2\pi}{v} \left(\frac{1}{v''_1} \right)^3}$$

und ähnlich für Strahl No. II:

$$(v''_2)^2 = \frac{A}{1 - B \frac{2\pi}{v} \left(\frac{1}{v''_1} \right)^3}.$$

Folglich ist v'_2 kleiner als v''_2 .

Sonach geht in beiden Versuchen (d. h. das Licht mag von der einen oder der andern Seite eintreten) der Strahl No. II schneller als der Strahl No. I. Und wenn daher bei jedem Versuch ein linear polarisirter Strahl, bestehend aus den Strahlen No. I und No. II, vorhanden ist, so wird der linear polarisirte Strahl, welcher nach dem Austreten derselben aus deren Vereinigung gebildet wird, bei beiden Versuchen seine Polarisationssebene, von der ursprünglichen Polarisationssebene aus, in Richtung der Bewegung eines Uhrzeigers gedreht haben, oder, bei beiden Versuchen, in der entgegengesetzten Richtung, wenn man sie auf das Auge einer Person bezieht, die in der Richtung des Lichtes sieht.

Dieses Resultat stimmt mit den Erscheinungen beim Quarz, Terpenthin u. s. w., und deshalb liefern Prof. Mac Culagh's Gleichungen eine Erklärung der Drehung der Polarisationssebene in Krystallen. Allein sie passen nicht auf die Erscheinungen bei Glas etc. unter Mitwirkung des Magnetismus, und für diesen Fall müssen neue Gleichungen aufgesucht werden.

Die Gleichungen, die ich für geeignet zur Darstellung dieses Falles halte, sind:

$$\frac{d^2 Y}{dt^2} = A \cdot \frac{d^2 Y}{dx^2} + C \cdot \frac{d Y}{dt}$$

$$\frac{d^2 Z}{dt^2} = A \cdot \frac{d^2 Z}{dx^2} - C \cdot \frac{d Y}{dt},$$

welche in derselben Weise zu verificiren sind als die für die Erscheinungen beim Quarz etc. geltenden.

So hat man beim ersten Versuch für den Strahl No. I:

$$Y' = a \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'} \right)$$

$$Z' = a \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'} \right)$$

und die Gleichungen werden:

$$-\frac{4\pi^2}{\tau^2} a \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'} \right) = -A \cdot \frac{4\pi^2}{\tau^2} \left(\frac{1}{v'} \right)^2 a \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'} \right) + C \cdot \frac{2\pi}{\tau} a \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'} \right)$$

$$-\frac{4\pi^2}{\tau^2} a \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'} \right) = -A \cdot \frac{4\pi^2}{\tau^2} \left(\frac{1}{v'} \right)^2 a \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'} \right) + C \cdot \frac{2\pi}{\tau} a \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v'} \right),$$

welche übereinstimmend geben:

$$(v')^2 = \frac{A}{1 + \frac{\tau}{2\pi} C}$$

Für den Strahl No. II hat man:

$$Y'' = b \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''} \right)$$

$$Z'' = -b \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''} \right)$$

und die Gleichungen werden:

$$-\frac{4\pi^2}{\tau^2} b \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''} \right) = -A \cdot \frac{4\pi^2}{\tau^2} \left(\frac{1}{v''} \right)^2 b \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''} \right) - C \cdot \frac{2\pi}{\tau} b \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''} \right)$$

$$+\frac{4\pi^2}{\tau^2} b \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''} \right) = +A \cdot \frac{4\pi^2}{\tau^2} \left(\frac{1}{v''} \right)^2 b \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''} \right) + C \cdot \frac{2\pi}{\tau} b \cdot \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t - \frac{x}{v''} \right),$$

welche übereinstimmend geben:

$$(v''_1)^2 = \frac{A}{1 - \frac{\tau}{2\pi} C}.$$

Folglich ist v' , kleiner als v''_1 .

Beim zweiten Versuch hat man für den Strahl No. I:

$$Y'' = -a \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t + \frac{x}{v'_2} \right)$$

$$Z'' = a \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t + \frac{x}{v'_2} \right)$$

und die Gleichungen werden:

$$\begin{aligned} + \frac{4\tau^2}{\tau^2} a \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t + \frac{x}{v'_2} \right) &= + A \cdot \frac{4\pi^2}{\tau^2} \left(\frac{1}{v'_2} \right)^2 a \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t + \frac{x}{v'_2} \right) \\ &\quad + C \cdot \frac{2\pi}{\tau} a \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(t + \frac{x}{v'_2} \right) \\ - \frac{4\pi^2}{\tau^2} a \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t + \frac{x}{v'_2} \right) &= - A \cdot \frac{4\pi^2}{\tau^2} \left(\frac{1}{v'_2} \right)^2 a \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t + \frac{x}{v'_2} \right) \\ &\quad - C \cdot \frac{2\pi}{\tau} a \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(t + \frac{x}{v'_2} \right), \end{aligned}$$

welche übereinstimmend geben:

$$(v'_2)^2 = \frac{A}{1 - \frac{\pi}{2\pi} C}.$$

Aehnlich ergibt sich:

$$(v''_2)^2 = \frac{A}{1 + \frac{\tau}{2\pi} C}.$$

Folglich ist v'_2 größer als v''_2 .

Wenn demnach bei einem Versuch der Strahl No. II schneller geht als der No. I, geht er bei dem anderen Versuch langsamer als dieser. Und wenn demnach bei jedem Versuch ein aus der Combination der Strahlen No. I und II entstandener linear polarisirter Strahl einfällt, so wird der linear-polarisirte Strahl, der aus jenen Strahlen bei deren Austreten gebildet wird, seine Polarisationsebene, von der ursprünglichen Ebene aus, bei dem einen Versuch in Richtung der Bewegung eines Uhrzeigers, und bei dem andern Versuch in der entgegengesetzten Richtung gedreht

haben, wenn man die Drehung bezieht auf das Auge einer Person, die in Richtung des Lichtes fortsieht.

Dieses Resultat stimmt mit den Erscheinungen beim Bor-
glase etc. unter der Wirkung magnetischer Kräfte.

Statt das zweite Glied auf der Rechten der Gleichung von $\frac{dZ}{dt}$ abhängig zu machen, hätten wir mit gleichem Erfolg

$\frac{d^3 Z}{dt^3}$, $\frac{d^3 Z}{dx^2 \cdot dt}$ oder irgend einen anderen Differentialquotienten von ungerader Ordnung und ungerader Anzahl von Differentiationen in Bezug auf t anwenden können. Auch wären verschiedene Potenzen von τ und ν einzuführen. Um zu ermitteln, welche sich zur Darstellung der Phänomene am besten eignen, muß nothwendig die Ablenkung der Polarisationssebene für verschieden farbiges Licht bestimmt werden.

Wenn $\frac{dZ}{dt}$ angenommen wird, so besagen die von mir aufgestellten Gleichungen: »die Kraft auf irgend ein Theilchen in Richtung der einen Ordinate hängt zum Theil ab von dessen Geschwindigkeit in Richtung der anderen Ordinate«. Es hat keine unübersteigliche Schwierigkeit dieses als richtig anzusehen, aber wir haben bis jetzt *a priori* keinen mechanischen Grund zu glauben, daß es richtig sey.

Um möglichen Mißverständnissen vorzubeugen, wiederhole ich, daß ich diese Gleichheit in gleicher Absicht aufstellte, in welcher Prof. Mac Cullagh die seinigen gab, nicht als mechanische Erklärung der Erscheinungen, sondern um zu zeigen, daß die Erscheinungen durch Gleichungen ausgedrückt werden können, die sich möglicherweise aus einer plausiblen mechanischen Voraussetzung ableiten lassen, obgleich bisher eine solche Voraussetzung noch nicht gemacht worden ist.

Greenwich, Königl. Sternwarte 1846, Mai 7.

IX. *Ueber das Verhalten des Lichts zum Magnetismus und den Unterschied zwischen ferromagnetischen und diamagnetischen Zuständen der Materie; von M. Faraday.*

(*Phil. Mag., Ser. III, Vol. XXIX, p. 153 et 249.*)

Wenn ein polarisirter Lichtstrahl und Magnetkraftlinien gleichzeitig und einander parallel durch ein durchsichtiges, nicht doppelbrechendes, starres oder flüssiges Mittel gehen, so wird der Strahl gedreht, nach einem einfachen Gesetz, welches ich im letzten Theil der *Philosophical Transactions* angegeben habe ¹⁾. Wenn ein solcher Strahl durch gewisse Quarzkrystalle, durch Terpenthinöl u. s. w. geht, wird er auch, ohne alle Mithülfe von Magnetkraft, nach einem wohlbekannten Naturgesetz gedreht. Zwischen diesen beiden Drehungen ist, obwohl sie auf dem ersten Blick einerlei zu seyn scheinen, ein auffallender Unterschied vorhanden; denn die erstere ist, ihrer Richtung nach, abhängig von den Magnetkraftlinien und nicht von der Stellung des Beobachters oder dem Lauf des Lichtstrahls, wogegen die letztere von der Stellung des Beobachters oder dem Lauf des Strahls abhängt.

Beim Nachdenken schien es, dafs die Eigenthümlichkeit der magnetischen Drehung benutzt werden könne, um den Endeffect der Magnetkraft zu verstärken, und auch um manche wichtige Punkte entschiedener zu beweisen als es bisher möglich gewesen. Diefs hat sich durch den Versuch als richtig erwiesen, und das Folgende enthält einige Resultate davon.

Ein Parallelepiped von schwerem Glase, 0,7 Zoll im Quadrat und 2,5 Zoll lang, ward an beiden Enden polirt und versilbert. Darauf wurde die Versilberung auf einem Raum von etwa 0,1 Zoll Breite längs einer der Kanten

1) *Phil. Tr. f. 1846, pt. I, p. 4.* (*Annal., Bd. 68, S. 109.*)

von einem Ende abgenommen, eben so an dem andern Ende, jedoch an der entgegengesetzten Seite des Parallelepipedes, so daß jedes Ende mit einem guten ebenen Reflector versehen war, von denen aber der eine über den andern hervorragte. (Taf. I, Fig. 8). In Folge dieser Einrichtung konnte ein Lichtstrahl, nachdem er zu einem Ende eingetreten war, zwei oder mehr Male in dem Glase reflectirt und dann hinausgelassen werden.

Ein ähnliches Stück schweren Glases wurde an beiden Enden und an der einen Seite versilbert, und dann an den Enden auf einen Raum von 0,1 Zoll Breite längs den Kanten, die am weitesten von der versilberten Seite abstanden, die Versilberung entfernt. (Taf. I, Fig. 7.) Ein in den unversilberten Theil des einen Endes unter einer gewissen Schiefe eintretender Strahl konnte am andern Ende, dann an der Seite, und nun am ersten Ende reflectirt werden, somit also drei Mal im Glase entlang und zuletzt am anderen Ende hinausgeführt werden. Bei anderen Neigungen konnte der Strahl fünf, sieben, neun, elf und mehr Male im Glase hin- und hergehen, ehe er durch die Luft in's Auge des Beobachters gelangte.

Jedes dieser Glasstücke vermochte das gewünschte Resultat der wiederholten inneren Reflexionen zu liefern; allein das erstere zeigte sich am bequemsten für den Gebrauch. Bei Anwendung eines starken Lichtes hielt es nicht schwer, die Reihe der durch successive Reflexion entstandenen Bilder bis zum neunten oder zehnten zu verfolgen, also bis 17- oder 19maligem Durchgang des Strahls durch das Glas. Eine kleine Aenderung in der Lage des versilberten Glases zwischen den beiden als Polarisirer und Analysirer angewandten Nichol'schen Prismen reichte hin irgend eins dieser Bilder zur Ansicht zu bringen, sobald das Glas zugleich unter dem vollen Einfluß des Elektromagneten oder des zur Erzeugung der Magnetkraftlinien angewandten Schraubenstroms stand. Einen fernerer Vortheil erlangt man, wenn die Enden des Glasstücks nicht ganz zu einander parallel sind, sondern die Seiten an den Rändern,

wo der Strahl ein- und austritt, etwas verschiedene Längen haben. Diese Einrichtung bringt die Reihe der reflectirten Bilder, von einem Ende gesehen, mehr aus einander, von dem andern, mehr zusammen, und dadurch wird die Beobachtung eines besonderen Bildes oder der gleichzeitige Vergleich zweier oder mehrer Bilder begünstigt.

Beim Nachdenken über die Wirkung dieser Vorrichtung leuchtet ein, daß wenn $ABCD$, Taf. I, Fig. 8, einen Trog mit Zuckerlösung oder irgend einer andern mit Drehkraft für einen polarisirten Lichtstrahl begabten Flüssigkeit vorstellt, der in D eintretende und bei A austretende Strahl eine gewisse Drehung erfahren würde, daß er aber, wenn er, statt bei A auszutreten, von der Fläche AF nach E reflectirt würde, daselbst keine Drehung zeigte, denn die Wirkung auf dem Gange von D nach A würde genau compensirt durch die Rückkehr von A nach E . Oder wenn die Reflexionen öfter, bei E , F und C wiederholt würden, so daß der Strahl die Flüssigkeit fünf Mal durchlief, würde der Endbetrag der Drehung nur dem gleich seyn, welcher nach einem einmaligen Durchgange zu Stande käme.

Dies würde aber nicht der Fall seyn, wenn $ABCD$ ein Diamagneticum wäre, welches den Strahl mittelst magnetischer Kraft drehte; denn, wie oft auch der Strahl hindurchginge, würde er doch, in Bezug auf die Magnetkraftlinien, in derselben Richtung gedreht werden. So würde er, wenn man ihn nach dem Austritt bei A beobachtete, einen Betrag von (wir wollen sagen rechter) Drehung zeigen, der gleich wäre dem, welchen ein einmaliger Durchgang durch das Diamagneticum erzeugen könnte. Beobachtete man ihn bei E würde er eine linke Drehung zeigen im Betrage doppelt so groß als die erste oder einheitliche Menge. Beobachtete man ihn bei F , würde er das Dreifache der ersten rechten Drehung besitzen, bei C die vierfache linke Drehung, und bei B das Fünffache der anfänglichen rechten Drehung.

Dies bestätigte sich beim Versuch. Es wurde der große, in den *Philosoph. Transactions* beschriebene Magnet ange-

wandt ¹⁾), und das Glasparallelepiped, Fig. 8, Taf. I, seinen Kräften unterworfen. Der directe oder das erste Bild vom leuchtenden Gegenstand erzeugende Strahl erlangte eine Drehung nach der Rechten von 12° . Als das Glas ein wenig geneigt ward, erschien das zweite Bild oder dasjenige, welches von dem drei Mal durch das Glas gegangenen Strahl erzeugt wurde; seine Drehung betrug 36° . Darauf wurde das dritte Bild beobachtet, und die Drehung des dasselbe hervorbringenden Strahls betrug 60° , so nahe als mein roher Apparat Winkelgrößen messen liefs. Dasselbe allgemeine Resultat wurde mit dem zweiten der beschriebenen Glasstücke erhalten.

Der Versuch beweist auf sehr schlagende Weise, daß welchen Weg das Licht durch das Diamagneticum auch nehmen möge, die Richtung der Drehung doch wesentlich und alleinig von der Richtung der Magnetkraftlinien abhängt.

Er beweist auch in nicht mißzuverstehender Weise den Unterschied in dieser Hinsicht zwischen der Drehung des Strahls durch Magnetismus und der durch Quarz, Zucker, Terpenthinöl und ähnliche Körper.

Sowohl durch isolirte als durch combinirte Beobachtung der verschiedenen Bilder zeigt er, daß die Wirkung proportional ist der der Magnetkraft unterworfenen Länge des Strahls ²⁾); denn es lassen sich, während die Intensität der Magnetkraft und die übrigen Umstände unverändert bleiben, die Längeneinheit und deren Multipla auf einmal beobachten.

Er erlaubt in der Messung des Betrags der Drehung eines gegebenen Strahls oder der verschiedenfarbigen Strahlen einen weit höheren Grad von Genauigkeit zu erreichen.

Vernöge der obigen Einrichtung ist ein kurzes Stück von einem Diamagneticum, z. B. einem Krystalle, hinreichend zu einem Versuche, zu dem es, wenn der Strahl nur einmal hindurchginge, unzulänglich wäre.

1) *Phil. Tr. f.* 1846, p. 22, §. 2247. (Ann., Bd. 69, S. 291)

2) *Experimental - Untersuchungen*, §. 2163. (Ann., Bd. 68, S. 111.)

Er erlaubt auch, bei Anwendung eines Magnets, die Magnetkraft durch Annäherung an die Pole zu concentriren und somit den Effect zu erhöhen; oder einen schwachen Magnet statt eines starken zu nehmen, so dafs selbst gute Stahlmagnete brauchbar seyn können. Auch ist jetzt, wenn man einen schraubenförmigen Strom anwendet, ein viel kürzerer und schwächerer als zuvor erforderlich.

Nach Ermittlung der großen Vorzüge dieses Apparats zur Untersuchung vieler Substanzen, die bei dem früher beschriebenen Verfahren keine merklichen Resultate gegeben hatten, schritt ich zur Anwendung desselben auf Luft und einige doppeltbrechende Krystalle ¹⁾.

Zu dem Ende machte ich die Seiten der Magnetpole zu Reflectoren, indem ich an jeden eine polirte Stahlplatte anlegte; und da die Pole beweglich waren, konnte ich deren reflectirende Flächen in jeden Abstand und jede erforderliche Lage bringen, bei welcher sie die zu untersuchende Substanz zwischen sich faßten.

Luft. — Wenn Luft zwischen den Magnetpolen befindlich war, konnte ich keine Anzeige von Wirkung auf den Strahl erblicken, selbst beim vierten, fünften und sechsten Bilde.

QuarzkrySTALL. — Es wurden die früher beschriebenen Würfel aus dieser Substanz in Untersuchung genommen ²⁾; allein ich konnte keine Spur von Wirkung auf den Lichtstrahl entdecken, obwohl die Würfel 0,75 Zoll in Seite hielten, und der Strahl nach sieben- und selbst neunmaligem Durchgang beobachtet wurde. Ich untersuchte die Würfel in allen Richtungen.

Kalkspath. — Ein Würfel aus dieser Substanz ³⁾, eben so untersucht, gab auch keine Wirkung.

Schweres Glas dagegen gab die erwarteten Erscheinungen leicht und gut.

1) Experimental-Untersuchungen, §. 2237 (Ann., Bd. 68, S. 134).

2) Ibid. §. 2178 (Ann., Bd. 68, S. 115).

3) Ibid. §. 2179 (Ann., Bd. 68, S. 115).

Da diese Versuche sowohl mit Luft als mit doppeltbrechenden Krystallen kein positives Resultat gegeben hatten, so versilberte ich die letzteren in ähnlicher Weise wie das schwere Glas, damit die Magnetpole ihnen möglichst nahe gebracht werden könnten; allein auch jetzt war keine Anzeige von magnetischer Wirkung auf den Strahl zu erhalten.

Die natürliche sechsseitige Säule eines Quarzkrystalls, 2,3 Zoll lang, wurde an den Enden polirt und versilbert; es war aber auch damit keine Wirkung auf das Licht zu beobachten, weder beim ersten noch beim zweiten und dritten Bilde.

Hr. E. Becquerel glaubt bei doppeltbrechenden Krystallen eine Wirkung beobachtet zu haben; vermuthlich ist sein Apparat zur Wahrnehmung optischer Veränderungen empfindlicher als der meine. Ist dieß der Fall, so würde er, combinirt mit dem Verfahren der wiederholten Durchgänge des Strahls, vielleicht sehr deutliche Resultate geben; aber dieß Verfahren allein hat bis jetzt keine Anzeige von der gesuchten Wirkung gegeben.

Gewisse Fingerzeige veranlaßten mich nachzusehen, ob das Kreuzen der in der Vorrichtung, Fig. 7, Taf. I, reflectirten Strahlen irgend einen Effect hervorbrächte; allein ich konnte keinen Unterschied in der Wirkung dieser Vorrichtung und der andern, Fig. 8, wo keine solche Kreuzung stattfindet, wahrnehmen.

Gegen Ende des letzten Jahres (1845) übersandte ich der K. Gesellschaft zwei Aufsätze: „*Ueber den magnetischen Zustand aller Materien*“¹⁾, in welchen ich das Daseyn einer für uns neuen magnetischen Wirkung festgestellt zu haben glaube, — einer in ihrer Natur antithetischen zu dem Magnetismus des Eisens in irgend einer seiner Formen und Zustände, starken oder schwachen, oder zu dem Magnetismus, welchen das Eisen in irgend einer Quantität oder unter

1) *Phil. Tr. f.* 1846, p. 21 (Ann., Bd. 69, S. 259).

ter irgend welchen Umständen erzeugen kann. Ferner habe ich gezeigt, daß alle nicht wie Eisen magnetische Körper nach dieser neuen Wirkungsweise magnetisch sind, und daß, so wie eine *Anziehung* durch einen Magnet den magnetischen Zustand des Eisens, auch der kleinsten Menge, nachweist, eben so eine *Abstoßung* das unterscheidende Kennzeichen aller derjenigen Körper ausmacht, die von Natur geeignet sind den neuen Zustand anzunehmen und diese neue Kraftform zu entwickeln.

In einer der Pariser Academie überreichten Note erinnert Hr. Becquerel ¹⁾ an gewisse, vom gewöhnlichen Magnetismus hervorgebrachte Resultate, die er lange vor mir gefunden und bei welchen die Substanz sich *quer* gegen die Magnetaxe stellte. Ich brauche nicht das Ganze anzuführen, sondern will nur folgende Worte vom Schlusse auswählen: — „Aus diesen Thatsachen geht hervor, daß die magnetischen Effecte, welche im Stahl und weichen Eisen durch den Einfluß eines Magneten hervorgebracht werden, darin von den bei allen Körpern vorkommenden abweichen, daß in ersteren die Vertheilung des Magnetismus immer der Länge nach geschieht, während sie im Eisenoxyd, Holz, Gummilack u. s. w. gewöhnlich der Quere nach erfolgt, besonders wenn diese Substanzen zu Nadeln geformt sind. Dieser Unterschied rührt davon her, daß, weil der Magnetismus in diesen Körpern schwach ist, die Reaction der Körpertheilchen auf einander vernachlässigt werden kann.“ — Diese Worte und die Zeit ihrer Veröffentlichung (Januar 1846) zeigen hinreichend, daß Hr. Becquerel die neue Form oder Beschaffenheit von magnetischer Action, welche ich nachgewiesen zu haben glaube, nicht zugiebt.

In einer der Academie gemachten Mittheilung vom Juni 1846 berührt Hr. E. Becquerel ²⁾, nachdem er die von mir entdeckte Wirkung auf das Licht bestätigt hat, die Frage von der magnetischen Wirkung aller Körper, und ist

1) *Compt. rend.* (1846), T. XXII, p. 146.

2) *Ibid.* p. 952.

selbst zu dieser Zeit noch der Meinung seines Vaters. Ich brauche nur einige Zeilen hie und da aus dieser Mittheilung hervorzuheben, um seine Meinung zu bezeichnen. Nachdem er von Coulomb's Resultaten und von denen seines Vaters i. J. 1827 gesprochen, sagt er: »Diese Versuche sind vor beinahe zwanzig Jahren angestellt, und dessen ungeachtet hat Hr. Faraday die Erscheinung der transversalen Stellung auf's Neue beschrieben, hat aus den Körpern, welche diese Stellung annehmen, eine neue Klasse von Substanzen gemacht und sie diamagnetische Substanzen genannt, . . . «. Ich frage mich, wie kann man unter diesen Umständen den Geist der Classification so weit treiben, sobald man einer und derselben Substanz alle verschiedenen Lagen, longitudinale, transversale und schiefe geben kann. In der That stelle man die beiden Enden zweier starken Magnete in 0,08 oder 0,12 Zoll Abstand einander gegenüber, und hänge 0,04 Zoll von ihrer Oberfläche entfernt mittelst eines Coconfadens eine kleine Nadel von Holz oder Kupfer auf, etwa 0",04 im Durchmesser und 1",9 bis 2",3 in Länge, so wird sie sich transversal stellen. Schneidet man die Nadel in zwei Stücke, theilt diese wiederum u. s. w., so haben wir zuletzt ein Fragment, welches sich in die Linie der Pole stellt. Es ist einfach ein Phänomen der resultirenden Kräfte, denn man kann einer und derselben Substanz diese verschiedenen Lagen geben, je nach ihrer Form und indem man den Abstand von den Polen modificirt«. — Dann spricht er von der kleinen Menge Eisen, die er in gewissen Substanzen gefunden, und von seiner früheren Behauptung, daß diese Substanzen sich als Mischungen von träger Materie und magnetischen Theilchen, oder als eisenhaltige Mischungen verhalten, und setzt hinzu: Alle diese Schlüsse bestehen noch heute in ihrer ganzen Allgemeinheit«.

Diese Schlüsse zweier gründlichen, für alle den Magnetismus betreffenden Fragen in jeder Hinsicht so urtheilsfähigen Physiker (?! — P.) machten mich zweierlei wegen besorgt. Fürs erste hielt ich es für möglich, daß ich rück-

sichtlich des allgemeinen magnetischen Princip, welches ich entdeckt zu haben vermeine, wirklich in Irrthum gewesen sey; und zweitens, daß, wenn ich in dieser Hinsicht auch Recht gehabt hätte, ich doch meine Resultate höchst ungenügend beschrieben haben müßte, da so competente Männer hiedurch keine bessere Ueberzeugung von derselben erlangten. Ich ging daher, meiner selbst wegen, an eine nähere Untersuchung des Gegenstandes; denn wiewohl mir das Schicksal einer von mir aufgestellten Speculation oder hypothetischen Ansicht ziemlich gleichgültig ist, so ist dieß doch keinesweges der Fall in Betreff der Richtigkeit einer Angabe, die ich über ein Gesetz oder eine neue Thatsache liefere. Ich habe demnach einige Fälle der von gewissen magnetischen Körpern, wie Eisen, angenommenen transversalen Stellungen sorgfältig untersucht, und will hier das allgemeine Resultat davon angeben.

Eine dünne Glasröhre von 0,25 Zoll Durchmesser und 1,4 Zoll Länge wurde mit gutem gleichförmigen Eisenoxyd (einer der von Hrn. Becquerel untersuchten Substanzen) sorgfältig gefüllt, an einem langen Coconfaden aufgehängt und in jegliche Lage gegen den einen Pol eines starken Elektromagnets gebracht, welchem Pol durch Aufsetzung von Eisenstücken verschiedene Formen gegeben werden konnten. Da das Eisenoxyd zuweilen einen schwachen Grad von Magnetismus annimmt und behält, so ist es nöthig, daß der Experimentator auf diese Möglichkeit achte, und sich gegen die daraus entspringenden unregelmäßigen Resultate schütze.

Anfangs war der Pol des Magnets ein Kegel von 1,5 Zoll Durchmesser in der Grundfläche und mit horizontal-liegender Axe. Der Cylinder von Eisenoxyd wurde dem Kegel genähert, so daß sein Drehpunkt in einer Linie mit der Axe dieses lag. Als er, innerhalb des Einflusses des Magnets, quer gegen die axiale Linie lag, behielt er diese Lage; aber diese Lage war die eines instabilen Gleichgewichts, denn kam der Cylinder nach der einen oder andern Seite schief gegen die axiale Linie zu liegen, so wurde das dem

Kegel nächste Ende angezogen. Mochte er übrigens quer gegen die axiale Linie gerichtet und somit in einer instabilen Lage befindlich seyn oder irgend eine andere Lage haben, so wurde der Schwerpunkt des Ganzen immer *angezogen*, eine Erscheinung, die sich bei einem Elektromagnet durch Unterbrechen und Herstellen des erregenden Stroms leicht darthun läßt.

Als Contrast der diamagnetischen Körper will ich bemerken, daß wenn ein ähnlicher Cylinder von Phosphor, Wismuth oder schwerem Glase genau unter ähnliche Umstände versetzt wird, die transversale Lage eine Lage des *stabilen* Gleichgewichts ist, er also, wenn er aus derselben abgelenkt wird, durch Schwingungen dahin zurückkehrt. Auch wird während der ganzen Zeit der Schwerpunkt der Masse *abgestoßen*.

Nun wurde dem Magnetpol ein quadratisches Ende gegeben, dessen dem Eisenoxydcylinder zugekehrte Fläche 1,75 Zoll in Breite und Höhe enthielt. Die axiale Linie ging horizontal von der Mitte dieser Vorderfläche zu dem Schwerpunkt des Cylinders, welcher zugleich den Drehpunkt desselben bildete. Befand sich der Cylinder in einem geringeren Abstand als 0,3 Zoll von der Vorderfläche des Pols, so lag er dieser Fläche parallel, mithin transversal gegen die axiale Linie. Lenkte man ihn aus dieser Lage ab, so kehrte er in sie zurück; diese Lage war also die eines stabilen Gleichgewichts. Bei einem etwas größeren Abstände wurde diese Lage instabil, und dafür zeigten sich zwei Lagen eines stabilen Gleichgewichts unter gleichem Winkel zu beiden Seiten der transversalen Lage, und in dem Maasse schiefer werdend als die Entfernung zunahm. Sowohl die transversalen als die schiefen Lagen ließen sich zurückführen auf die Concentration von Magnetkraftlinien an den Rändern der quadratischen Vorderfläche des Magnets. Erscheinungen, aus derselben Ursache herrührend, sind bereits in den Experimental-Untersuchungen §. 2298, 2299 und 2384 ¹⁾ beschrieben worden.

1) *Phil. Transact.* 1846, p. 32 und 48. (*Annal.*, Bd. 69, S. 305.)

Bei jeder Lage vor diesem Magnetpol wurde der Eisenoxydcylinder, als Masse, *angezogen*.

Durch Anwendung eines andern eisernen Ansatzes wurde der dem Eisenoxyd gegenüberstehende Pol in seinen horizontalen Dimensionen auf 2,5 Zoll vergrößert. Es wiederholten sich alle früheren Erscheinungen; allein der Abstand zwischen der Vorderfläche des Pols und dem Eisenoxydcylinder konnte bis zu einem Zoll und mehr vergrößert werden, ehe der Cylinder die schiefen Lagen anzunehmen anfang.

Ein dritter Ansatz bot eine Fläche von 3,5 Zoll in ihren horizontalen Dimensionen dar. Die Erscheinungen hiebei waren genau dieselben; allein der Abstand konnte bis auf 1,75 Zoll vergrößert werden, ehe der Cylinder aufhörte der Fläche parallel zu seyn und anfang eine schiefe Lage anzunehmen.

Zum völligen Verständniß dieser und anderer Erscheinungen, die von der Gestalt der Polfläche und von der Concentration der durch die Luft gehenden Magnetkraftlinien an den Rändern herrühren, will ich die Lagen beschreiben, welche der Eisenoxydcylinder annimmt, wenn sein Drehpunkt einen constanten Abstand von der Polfläche behält, aber von einer Seite der axialen Linie zur andern in verschiedene Lagen geführt wird. Diese sind in Fig. 9, Taf. I, abgebildet. Man wird daraus ersehen, daß so wie der Cylinder von der einen Seite der axialen Linien zur andern fortgeführt ward, er gegen diese Linie neigte in einer Weise und in einem Grade, wie es bei Erwägung der Concentration der magnetischen Kraft an den Rändern der Fläche leicht begreiflich wird. Dasselbe war der Fall mit der früheren Fläche von 2,5 Zoll. Sowohl das eine als das andere Ende des Eisenoxydcylinders konnte das nächste an der Polfläche seyn; allein der Schwerpunkt des Cylinders ward allemal *angezogen* vom Magnet.

Es wurden andere Eisenoxydcylinder von verschiedener Dicke und Länge angewandt, und wenn sie an Länge kleiner waren als die gegenüberstehenden Polflächen, waren die Resultate genau dieselben.

Ein durch Eisengehalt magnetisches Papier gab beim Gebrauch dieselben Resultate.

Da ich veranlaßt wurde zu glauben, daß die Zertheilung des Eisenoxyds einen bedeutenden Einfluß auf diese Erscheinungen habe, indem dadurch die Uebertragung der magnetischen Induction von Theilchen zu Theilchen verzögert und gehemmt werde, und dieß von größerem Einfluß sey als die bloße Schwäche der Magnetkraft, so nahm ich andere Substanzen, selbst schwächer magnetische als das Eisenoxyd, und bildete daraus Cylinder. Diese Substanzen waren: Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul, von Kobaltchlorid und Nickelchlorid, mit welchen dünne Glasröhren von 0,25 Zoll im Durchmesser und 1,4 Zoll in Länge gefüllt wurden. Als diese vor den Polen aufgehängt wurden, mit ihren Drehpunkten in der axialen Linie, wirkten sie nicht wie das Eisenoxyd und das Papier. Sie konnten zwar in einer der Polfläche parallelen Lage gehalten werden, aber dieß war eine Lage instabilen Gleichgewichts; und wenn sie im Geringsten aus dieser Lage abgelenkt wurden, begann das dem Magnet zugewandte Ende sich demselben zu nähern, bis es denselben berührte, und dann blieb das Ganze unverändert. Die Wirkung war genau dieselbe wie die eines Stück Eisens, nur von weit geringerer Stärke.

Eine gesättigte Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul, verdünnt mit dem Fünffachen ihres Volums an Wasser, zeigte genau dieselben Erscheinungen als eine stärkere Lösung; und doch war ihre Magnetkraft sehr viel schwächer als die des Eisenoxyds, wie sich deutlich aus dem Abstand ergab, bis zu welchem der Schwerpunkt beider Substanzen angezogen wurde. Beim Eisenoxyd ward der Aufhängefaden zwei bis drei Mal weiter aus der lothrechten Linie abgelenkt als bei der Lösung.

Nimmt man statt des Eisenoxyds oder der magnetischen Lösungen ein Stück Eisen, so bleibt dasselbe nicht der Polfläche parallel oder schief, und ohne Berührung mit ihr; denn das eine Ende wird immer zur Polfläche gehen; oder wenn es sehr kurz ist und dann durch Belastung oder sonstwie

an der Berührung mit dem Pol gehindert wird, richtet sich immer das eine Ende gegen den ihm nächsten Theil der Polfläche. In dieser Beziehung verhält es sich wie die magnetische Lösung und nicht wie das Eisenoxyd. Wie schwach aber auch der Magnetpol seyn mag, wenn er überhaupt nur auf das Eisen wirkt, thut er es in *derselben* Weise. Wenn ferner der Eisendraht durch Erhitzen bis zur Rothgluth vollkommen vom Magnetismus befreit wird, kann jedes der Enden zum nächsten an der Polfläche gemacht werden.

Ein Stück Hämatit, welches nicht mit einem eisernen Werkzeug, sondern mit einem Agat oder sonst wie sorgfältig abgeschpitten ist, stellt sich nach Art des Eisens, obwohl natürlich nicht mit derselben Kraft, d. h. es nimmt weder parallel noch geneigt zur Polfläche eine stabile Lage an, berührt sie aber auch nicht; denn das eine oder das andere Ende geht immer auf das Metall des Poles zu und bleibt in Berührung mit demselben. Gepülverter und in eine kleine Röhre gebrachter Hämatit wirkt wie ganzer.

Ein Stück Bouteillenglas, welches wegen darin enthaltenen Eisens magnetisch war, wirkte als Hämatit, es mochte ganz oder gepülvert und in eine Flintglasröhre eingeschlossen seyn. Es verhielt sich demnach ganz unähnlich dem Eisenoxyd.

Reines Manganhyperoxyd schien seine Stelle zwischen diesen Körpern und dem Eisenoxyd einzunehmen. Allgemein gesprochen ging das der Polfläche nächste Ende auf dieselbe zu und blieb daselbst; allein wenn das eine Ende dem Rande der Fläche und das andere nahezu der Mitte gegenüberstand, während der Magnet in Thätigkeit gesetzt wurde, so wich das letztere Ende, ungeachtet es näher war als das erstere, zurück, und dieses kam heran und blieb im Contact. War das letztere Ende das nähere, so näherte er sich vom Anfange an, und es gab für die Röhre keine stabile Lage, in welcher sie der Polfläche ganz oder nahe parallel war, und keins der Enden die Fläche berührte.

Ein Stück dicken Platindrahts wirkte als Hämatit und grünes Glas, und nicht wie Eisenoxyd in Becquerel's Versuch. Platinschwamm, in eine Röhre gestampft, wirkte als Manganhyperoxyd, indem es gleich diesem in gewissen Lagen die Anfänge einer Wirkung, ähnlich der des Eisenoxyds, zeigte.

Bei allen diesen Körpern wurde der Schwerpunkt vom Magnet angezogen, neben welchen Theil seiner Polfläche sie auch gebracht wurden. Niemals zeigte sich etwas einer Abstossung Aehnliches.

Nun kann ich nicht einsehen, wie es eine Schwierigkeit haben kann, alle diese verschiedenen Lagen der gewöhnlichen Wirkung von Magneten auf gewöhnlich, d. h. wie Eisen, magnetisirte Substanzen zuzuschreiben. Alles hängt ab von der Gestalt und Gröfse der Pole, von der Ganzheit, oder mehr oder weniger vollständigen Zertheilung der magnetischen Substanz; denn eine Substanz, welche viel schwächer magnetisch ist als Eisenoxyd, wie z. B. Nickel-lösung, Eisenlösung oder Platinmetall, wirkt nicht als Eisenoxyd, sondern als metallisches Eisen. Doch bestehen die Erscheinungen immer in *Anziehungen*; denn nicht nur der Schwerpunkt der ganzen Masse wird angezogen, sondern es werden auch die Theile des Eisenoxydcylinders und anderer magnetischer Substanzen in die Lagen gebracht, welche ihnen die Resultanten der Anziehungskräfte nothwendig geben würden. Diefs ist genau das Umgekehrte was bei diamagnetischen Körpern geschieht, denn bei diesen wird der Schwerpunkt der ganzen Masse *abgestossen*; und was für eine Gestalt die Masse auch haben möge, nehmen doch ihre Theile diejenigen Lagen an, welche der Richtung und Stärke der Abstossungskraft am besten entsprechen.

Alle Ungewissheit und Zweifelhaftigkeit kann in Fällen wie die obigen entfernt werden, wenn man sich eines einzigen Pols, sey er kegelförmig, keilförmig oder rund, bedient. Freilich, wenn man einen Eisendraht von zwei bis drei Zoll Länge mit seiner Mitte nahe an den Scheitel eines kegel- oder keilförmigen Pols bringt, stellt er sich recht-

winklich gegen die Axe des Kegels oder Keils und schwankt daselbst wie ein Wagebalken; und ein Cylinder von Wismuth, Phosphor oder schwerem Glase nimmt unter gleichen Umständen eine ähnliche Lage an. Allein kein Physiker (*Magnetician*) wird diese Erscheinungen auch nur einen Augenblick mit jenen verwechseln, denn er wird sogleich sehen, daß das Eisen als Masse angezogen und das Diamagneticum als Masse abgestoßen wird. Und nimmt er zur Beobachtung Kugeln von Eisen, Eisenoxyd oder Eisenlösung einerseits, und von Wismuth, Phosphor, Kupfer, oder Holz andererseits, so hat er die Erscheinungen in der einfachsten und fundamentalen Form vor sich; denn die magnetischen Körper werden angezogen und die diamagnetischen abgestoßen.

Ich kann keinen Fall von transversaler Lage finden, der sich nicht der einen oder andern der obigen beiden Arten anreihen ließe, d. h. der nicht entweder ein magnetisches oder diamagnetisches Resultat wäre. Selbst in Betreff der Wirkungen des gewöhnlichen Magnetismus in Eisenoxyd und ähnlichen Körpern sehe ich keinen Grund, der Angabe des Hrn. Becquerel beizutreten, daß die Vertheilung des Magnetismus in transversaler Richtung zu erfolgen strebe. Mir scheint, daß in diesen Fällen die Discontinuität der Masse, verbunden mit dem (schwachen) Grade von Magnetkraft in diesen Substanzen, die Uebertragung der Kraft, mittelst Vertheilung (*induction*) oder Leitung von Theilchen zu Theilchen, in demselben Maasse verhindere, als wenn Continuität vorhanden ist, und daß so consecutive Pole in kurzen Abständen und verschiedenen Richtungen erzeugt werden. Das ist der Grund, weshalb Eisen- oder Nickel- oder Platin sich nicht wie Eisenoxyd verhält, sondern, obwohl schwächer an Magnetkraft als dieses, wie metallisches Eisen wirkt.

Kennte man nicht das merkwürdige Verhalten des Vacuums und der gasigen Körper, bei welchem ich eben deshalb in den Experimental-Untersuchungen (2432) ¹⁾ länger

1) Annalen, S. 49 dieses Bandes.

verweilt habe, so könnte es zweifelhaft seyn, ob nicht diejenigen Körper, welche ich diamagnetische genannt habe, genau dieselbe Einwirkung erlitten wie die magnetischen, und das Resultat, sey es eine Anziehung oder Abstossung, blofs hervorgehe aus einem graduellen Unterschied zwischen dem beobachteten Körper und dem umgebenden Medio (2438 etc.). Allein ich kann das Vacuum nicht anders als für einen Nullpunkt in den Anziehungs- und Abstossungs-Erscheinungen halten; und da magnetische Körper angezogen und diamagnetische abgestossen werden durch einen Magnet (2406, 2436), wenn sie vom Vacuum umgeben sind (*when surrounded by and in relation to it*), so glaube ich, dafs diese Zustände zwei antithetische Formen der Magnetkraft darstellen. Das ist die in meinen Abhandlungen ausgesprochene Ansicht, die ich, trotz meiner grofsen Achtung vor dem Urtheil der HH. Becquerel, durch die Thatsachen ermuthigt noch gegenwärtig aufrecht halte ¹⁾).

Wenn schweres Glas der Einwirkung eines kräftigen Elektromagnets unterworfen wird, so erlangt der Strahl das Maximum seiner Drehung nicht auf einmal, sondern erst

- 1) Ich erlaube mir hier einen ähnlichen Punkt der statischen Elektricität zur Sprache zu bringen. Ich bin oft nach Beweisen für das Daseyn eines absoluten natürlichen Nullpunkts zwischen positiver und negativer Elektricität befragt worden, und in Bezug auf Hrn. Peltier's Ansicht, dafs die Erde negativ sey gegen den sie umgebenden Himmelsraum, der andererseits positiv sey, hat man gegen mich bemerkt, dafs wenn alle Theile eines Stücks ihrer Oberfläche (*its plane surface*) gleich stark negativ wären, wir auf dieser Oberfläche nicht sagen könnten, dafs sie sich nicht im Nullzustand befände. Diefs ist aber nicht der Fall. Eine wirklich negative Fläche kann zwar, in Vergleich zu einer stärker negativen, positiv erscheinen, und eben so kann sie als im Nullzustand befindlich erscheinen gegen zwei andere Flächen, von denen die eine stärker negativ und die andere schwächer negativ und selbst positiv ist. Allein in Bezug auf einen Normalzustand zeigt sich ihr Zustand sogleich, und diesen Normalzustand liefert ein jedes Metallgefäfs durch seine Innenseite, wenn durch die Gestalt und Tiefe des Gefäfses der äufsere Einflufs ausgeschlossen ist. Ein solches Gefäfs zeigt innen stets denselben Normal-

nach einer merklichen Zeit (*Experimental-Untersuchung*, §. 2170 — Ann., Bd. 68, S. 113); ich habe dieß einer allmähigen Zunahme der Kraft des Magnets und einer entsprechenden Verstärkung der Wirkung dieser Kraft auf das Glas zugeschrieben. Hr. E. Becquerel stimmt in dieser Erklärung nicht mit mir überein, sondern meint, die Erscheinung rühre davon her, daß die Theilchen des Diamagneticums Zeit gebrauchten, ihren neuen Zustand anzunehmen. Auch ich halte es für sehr wahrscheinlich, daß sie Zeit dazu gebrauchen; ich kenne keinen Zustand, dessen Erlangung nicht Zeit erforderte. Allein diese Zeit ist höchst wahrscheinlich bei diamagnetischen Körpern außerordentlich gering, und daß die von mir erwähnten Erscheinungen nicht aus solcher Ursache entspringen, läßt sich, glaube ich, durch zwei Betrachtungen zeigen. Fürs Erste ist durch andere Erscheinungen, z. B. durch die Induction von Strömen u. s. w., hinlänglich bekannt, daß die Elektromagnete Zeit gebrauchen, um unter der Wirkung eines gegebenen elektrischen Stroms das Maximum ihrer Kraft zu entwickeln. Ich habe gezeigt, daß die Drehung des Strahles wachsen muß, so lange der Magnet an Kraft zunimmt; und ich habe gefunden, daß das Vermögen, Ströme zu induciren, gleichzeitig mit dem Wachsen der Drehung vorhanden ist. Dann kommt in Betracht, daß wenn man das Diamagneticum nicht der Wirkung eines Elektromagneten, sondern der eines schraubenförmigen Stroms unterwirft, die Drehung des Strahls nicht mehr allmähig zunimmt, sondern augenblicklich ihr Maximum zeigt (*Experimental-Untersuchungen*, §. 2195 — Ann., Bd. 68, S. 119). Das sind meine Gründe, weshalb ich bei der in meiner Abhandlung gegebenen Erklärung beharre.

Allein bei so neuen Gegenständen, wie diese, muß man zu dem Zustand, welchen eine Ladung seine Außenfläche auch haben mag. Und wenn man den Zustand der Erdoberfläche mit der Innenseite eines solchen Gefäßes vergleicht, was mittelst Probeschleichen, wie sie Coulomb anwandte, leicht gethan ist, so kann Jeder ermitteln, ob die Erdoberfläche im negativen Zustand oder im Nullzustand befindlich sey.

vermeidlich über manche Punkte eine Meinungsverschiedenheit entspringen, und das ist sogar gut, da dießs veranlaßt die Thatsachen genauer zu erforschen. Ich lasse daher auch für jetzt manche streitige Punkte zwischen mir und Andern bei Seite, in dem Glauben, daß die Untersuchungen sich rasch häufen, und durch sie in wenigen Jahren die Thatsachen sowohl als die Ansichten festgestellt werden.

X. *Untersuchung über die latente Wärme;*

von Hrn. C. C. Person.

(*Compt. rend., T. XXIII, p. 162.*)

In einem früheren Aufsatz habe ich das merkwürdige Gesetz angegeben, welches die latente Verdampfungswärme befolgt ¹⁾. Seitdem habe ich mich mit der latenten Schmelzwärme beschäftigt, und ein Gesetz aufgefunden, nach welchem sie im Voraus bestimmt werden kann. Mittelst dieses Gesetzes gelangt man überdießs zu mehrern merkwürdigen Folgerungen, unter andern zur Messung der gesammten Wärme der Körper und zur Bestimmung des absoluten Nullpunkts, wie ich dießs in einer der Academie nächstens zu überreichenden Abhandlung auseinanderzusetzen hoffe. Durch gegenwärtige Note wünsche ich mir bloßs die Resultate meiner Versuche zu sichern (*prendre date*). Was die von mir angewandten Verfahrungsarten betrifft, so muß ich sagen, daß Hr. Regnault die Güte hatte, mir die noch nicht beschriebenen Apparate, die er zu Messung der specifischen Wärme bei hohen Temperaturen erdacht hat, zu meiner Verfügung zu stellen.

1) Annalen, Bd. 65, S. 426.

Latente Schmelzwärme.

Substanzen.	Schmelzpunkt.	Latente Wärme für d. Gewichts-Einheit.
Zinn	235 C.	14,3
Wismuth	270	12,4
Blei	332	5,15
Zink	423	27,46
d'Arcet's Legirung $Pb_2Sn_3Bi_3$	96	5,96
Leichtflüssige Legirung $PbSn_3Bi$	145	7,63
Phosphor	44,2	4,71
Schwefel	115	9,175
Salpetersaures Natron	310,5	62,98
Salpetersaures Kali	339	46,18
Phosphorsaures Natron $P_2O_5 \cdot 2NaO \cdot 24H_2O$	36,4	54,65
Chlorcalcium $Cl_2Ca \cdot 6H_2O$	28,5	45,79
Bienenwachs (gelbes)	62,0	43,51

Specifische Wärme.

Substanzen.	Temperaturen zwischen denen die spec. Wärme bestimmt wurde.	Specifische Wärme.
Zinn	340° und 240° C.	0,061
Wismuth	370 - 280	0,035
Blei	440 - 340	0,039
d'Arcet's Legirung $Pb_2Sn_3Bi_3$	300 - 136	0,036
dito dito	136 - 107	0,047
dito dito	80 - 14	0,060
dito dito	50 - 12	0,049
Leichtflüssige Legirung $PbSn_3Bi$	330 - 143	0,046
Phosphor	100 - 50	0,212
Schwefel	147 - 120	0,235
Salpetersaures Natron	430 - 330	0,413
Salpetersaures Kali	435 - 350	0,344
Phosphorsaur. Natron $P_2O_5 \cdot 2NaO \cdot 24H_2O$	79 - 44	0,758
dito dito	2 - 20	0,454
Chlorcalcium $Cl_2Ca \cdot 6H_2O$	127 - 100	0,519
dito dito	100 - 60	0,628
dito dito	60 - 31	0,358
dito dito	28 - 4	0,647
dito dito	2 - 20	0,406
Bienenwachs (gelbes)	102 - 66	0,54
dito dito	58 - 42	0,72
dito dito	42 - 26	0,79
dito dito	26 - 6	0,52
dito dito	2 - 20	0,39
Eis	0 - 30	0,505

XI. Gesetz der latenten Schmelzwärme; Bestimmung des absoluten Nullpunkts und der gesammten Wärme der Körper;

von *Hrn. C. C. Person.*

(*Compt. rend., T. XXIII, p. 337.*)

Kürzlich habe ich die Ehre gehabt der Academie eine Tafel zu überreichen (die unter No. X dieses Hefts), welche die Schmelzpunkte, Schmelzwärmen und Wärmecapacitäten von dreizehn sehr verschiedenartigen Körpern enthält. Gegenwärtig will ich einige über diese Arbeit zu machende Bemerkungen und einige daraus zu ziehende Folgerungen mittheilen.

Was die Schmelzpunkte in dieser Tafel betrifft, so glaube ich sind die der Salze zum ersten Male bestimmt; die des Phosphors und Schwefels weichen von den insgemein angenommenen ab. Ich habe gefunden, daß der Gestarrungspunkt des Schwefels nur bis 110° herabsinkt, wenn man zu stark erhitzt hatte; er liegt bei 115° C., wenn man mit hinreichender Vorsicht erhitzt, so daß der Schwefel leicht krystallisirt und sogleich seine gewöhnliche Farbe wieder annimmt.

Hinsichtlich der Schmelzpunkte der Metalle herrscht eine große Verschiedenheit in den Angaben. So findet man angegeben für das Zinn 210° , 213° , 230° C., für das Wismuth 256° und 283° C., für das Blei 260° , 322° und 334° C., für das Zink 360° und 370° C.; für das Zink ist die Abweichung am größten, aber die höchste Zahl liegt noch mehr als 50 Grade unter der wahren. Was die Zahl 260 betrifft, die man für das Blei in vielen Tafeln antrifft, so gilt sie offenbar für Réaumur'sche Grade, und man hat vergessen sie in Centigrade umzuwandeln; wenigstens beträgt der Fehler nur etwa zehn Grade, wenn man die von dieser Umwandlung geforderten 65 Grade hinzufügt.

Die Ziffern, welche ich in der Tafel angegeben, gelten für das Luftthermometer. Die Bestimmungen wurden anfangs mit dem Quecksilberthermometer gemacht, und darauf mittelst Hrn. Regnault's Tafel, die ich durch Interpolation um ein Hundert von Grade erweitert hatte, umgeformt. Ich operirte mit einem Thermometer mit festem Nullpunkt und bis 460° C. gehend; ich werde darüber bei einer anderen Gelegenheit reden.

Die Schmelzwärme ist nur für das Eis recht ordentlich bekannt; zwei oder drei andere Angaben, die man in den meisten Lehrbüchern findet, sind ganz falsch. Hr. Gay-Lussac giebt in seinen Vorlesungen als Annäherungen Zahlen, die der Wahrheit weit näher kommen, aber bisher nicht gedruckt wurden. Sie sind, wenn man die Schmelzwärme des Wassers als Einheit annimmt, für Zinn 0,205, für Wismuth 0,22, für Blei 0,08 und für Schwefel 0,10.

Durch ein Verfahren, welches Hr. Despretz für unrichtig hält, hat Rudberg gefunden: für Zinn 13,3 Wärmeeinheiten (*calories*) und für Blei 5,8.

Im J. 1840 hat Hr. Despretz in der Academie eine Abhandlung über die beim Schmelzen der Körper absorbirte Wärme gelesen, zwar ohne Zahlenangaben, aber doch mit schätzbaren Nachweisungen über die Art des Verfahrens.

Die Messung der latenten Schmelzwärme implicirt die der specifischen Wärme im starren und im flüssigen Zustand. Diese Größen waren zugleich für keine Substanz bekannt, als ich diese Arbeit anfang; sie sind es nun für dreizehn Substanzen. Die in der Tafel angegebenen specifischen Wärmen belaufen sich auf 25; sie wurden zwischen Temperaturen bestimmt, die von -30° bis $+440^{\circ}$ C. gehen.

Wirft man einen Blick auf die Tafel der latenten Wärmen, so sieht man, daß sie nicht die Ordnung der Temperaturen befolgen, und daß sie sich auch nicht umgekehrt wie die Atomgewichte verhalten, wie man vorausgesetzt hat. Ich habe gefunden, daß sie mit den Schmelzpunkten und den specifischen Wärmen verknüpft sind durch die Relation:

$(160 + t) \delta = l$, worin t den Schmelzpunkt, l die latente Wärme und δ den Unterschied der specifischen Wärmen im starren und flüssigen Zustand bezeichnen. Diese Relation sagt also, *dafs, um die latente Wärme zu erhalten, der Unterschied der beiden specifischen Wärmen so oft genommen werden mufs, als Grade zwischen -160° C. und dem Schmelzpunkt liegen.* Berechnet man, mit den Angaben der Tafel und den von Hrn. Regnault bestimmten specifischen Wärmen, die latente Wärme, so findet man, *dafs die Formel für sehr verschiedenartige Substanzen, deren specifischen Wärmen von 4,7 bis 79,2, und deren Schmelzpunkte von 0° bis 340° C. gehen, sich ziemlich genau bewährt.*

	Latente Wärme	
	berechnet.	beobachtet.
Wasser	79,20	79,25
Chlorcalcium	43,60	45,79
Phosphorsaures Natron	59,70	54,65
Phosphor	4,76	4,71
Schwefel	9,08	9,18
Salpetersaures Natron	63,52	62,98
Salpetersaures Kali	52,39	46,18

Beim Wachs stiefs ich auf eine Schwierigkeit, die mich anfangs in Verlegenheit setzte. Ich fand dessen specifische Wärme im starren Zustand gröfser als im flüssigen, so dafs, da δ negativ wurde, die Formel ein ungereimtes Resultat gab. Allein die Schwierigkeit verschwand, als ich den Gang der specifischen Wärme verfolgte und ihn mit dem Erweichen verknüpft fand. Die specifische Wärme des Wachses ist zwischen 58° und 12° C. wenigstens eben so grofs als die des Wassers; zwischen 26° und 6° ist sie nur noch 0,52, und zwischen 2° und -20° C. gar nur 0,39. Eine graphische Construction zeigt übrigens, dafs sie constant zu werden trachtet. Zieht man nun von der zwischen 2° und 60° gefundenen specifischen Wärme alles was 0,39 übersteigt als latente Wärme ab, so findet man die Formel anwendbar. Es leuchtet aber ein, dafs die mit dem Erweichen ver-

knüpfte ungeheure Anwuchs der specifischen Wärme mit in die latente Wärme begriffen werden mufs. Beim Phosphor findet ein ähnlicher, aber weniger hervortretender Vorgang statt; theoretisch kann man sogar sagen, der allgemeine Fall sey der: dafs sich die latente Schmelzwärme auf eine grofse Strecke der Temperaturscale vertheile und diese Strecke sich bei vielen Körpern beinahe auf einen Punkt reducire. Der Gang des Thermometers beim Erkalten deutet auf diese Unterschiede. So giebt es für gewisse zusammengesetzte Körper keinen wahrhaft festen Punkt bei der Gestarrung, sondern nur eine Verlangsamung in dem Gang des Thermometers.

Ich komme nun zu den Metallen. Ich bemerke zuvörderst, dafs die zu ihrem Schmelzen erforderliche Wärme beinahe proportional zu seyn scheint der Kraft, welche nöthig ist, um ihre Theilchen von einander zu entfernen oder zu trennen. Diefs ist leicht ersichtlich, wenn man die Schmelzwärmen vergleicht mit den Elasticitätscoëfficienten oder mit den Zähigkeitsmessungen. Diefs würde erklären, weshalb das Blei eine so geringe latente Wärme hat.

Die Tafel der specifischen Wärmen zeigt, dafs sie bei Metallen fast gleich ist im starren und im flüssigen Zustand. Die Unterschiede sind von der Ordnung derjenigen, die durch Temperaturänderungen ohne Aenderung des Aggregatzustandes entstehen.

Diese Gleichheit würde mein Gesetz für die latente Wärme gänzlich vernichten; denn wenn δ gleich Null wird, gäbe sie ein falsches Resultat. Man kommt hier nicht aus der Schwierigkeit heraus wie beim Wachs; denn bei den Metallen ist die specifische Wärme im starren Zustande sehr weit vom Schmelzpunkt genommen, und die Veränderung mit der Temperatur ist überdies unbedeutend. Da die zu messenden specifischen Wärmen nicht über einige Hundertel hinausgehen, so glaubte ich anfangs, es könnte hier wohl nur eine scheinbare Ausnahme stattfinden, herrührend von sehr voraussetzbaren Fehlern in den Temperaturen, die bis 440° C. gingen. Allein, abgerechnet, dafs

dieselbe Ausnahme auch bei den leichtflüssigen Legirungen vorkommt, hat eine Erörterung über die Fehlergrößen der Verfahrensarten mir gezeigt, daß es unmöglich sey, Fehler von solcher Größe anzunehmen, daß sie die Resultate des Versuchs mit denen der Rechnung in Einklang brächten. Ich bin also überzeugt geblieben, daß die spezifische Wärme der Metalle im starren Zustande nahe gleich ist der im flüssigen. Man hätte dies vorausschen können, wenn man erwägte, daß das Quecksilber, ungeachtet seiner Liquidität, eine spezifische Wärme besitzt, welche die der andern Metalle im starren Zustand kaum übertrifft.

Man würde hienach glauben, es sey unmöglich die Metalle unter das Gesetz zu bringen; allein die Unmöglichkeit verschwindet, wenn man, statt die Formel empirisch zu nehmen, ihren physischen Sinn in's Auge faßt.

Hinsichtlich dieser Auslegung bemerke ich zuvörderst, daß wenn man darüber übereinkommt, unter Grad die von einer gleichen Wärmemenge erzeugte Temperaturveränderung zu verstehen, eine und dieselbe Temperatur für verschiedene Körper durch verschiedene Zahlen ausgedrückt wird, deren Unterschied aber im Allgemeinen nur sehr gering ist. Nach den Versuchen von Dulong und Petit z. B. übersteigt der Unterschied nicht 4 Grad auf ein Intervall von 300 Graden, bei sehr verschiedenartigen Substanzen, starren, flüssigen, metallischen und nichtmetallischen, wie Glas, Kupfer, Quecksilber, Platin u. s. w. Vernachlässigen wir also diesen kleinen Unterschied.

Seyen nun c und C die spezifischen Wärmen im starren und flüssigen Zustand; dann bezeichnet $(160+t)c$ die Wärmemenge, welche zwischen -160° und t° in der Gewichtseinheit des starren Körpers enthalten ist, und fügen wir die latente Wärme l hinzu, so haben wir die in der Flüssigkeit zwischen denselben Grenzen enthaltene Wärme. Da nun aber $C - c = \delta$, so folgt, daß man als Resultat der Erfahrung haben werde:

$$(160+t)c + l = (160+t)C,$$

d. h. die Wärme, welche man einer flüssigen Masse entzie-

hen müßte, um sie bis -160° zu erkalten, kann, ohne die Aenderung des Aggregatzustandes zu berücksichtigen, berechnet werden, wie wenn diese Masse flüssig bliebe.

Erwägt man neben diesem Resultat das Phänomen der Ueberschmelzung (*surfusion*), so wird es natürlich zu glauben, daß der flüssige Zustand in Wahrheit mit den niedrigsten Temperaturen verträglich und die Erstarrung nur etwas Zufälliges ist. Wasser bleibt bis 10° unter seinem Schmelzpunkt flüssig, Phosphor bis 20° , Schwefel noch mehr; ich habe Schwefeltropfen auf Thermometern flüssig bleiben sehen, die auf die gewöhnliche Temperatur herabgekommen waren; die Berührung mit einer Federfahne reichte hin, sie plötzlich zum Erstarren zu bringen. Im Allgemeinen beharrt der flüssige Zustand bei einer desto niedrigeren Temperatur, als man sorgfältig den Einfluß von Molecular-Attraction vermeidet, und es ist natürlich daraus den Schlufs zu ziehen, daß wenn diese Attractionen annullirt wären, z. B. durch Isolirung der letzten Molecular-Gruppen, der flüssige Zustand sich unbegrenzt lange erhielte. Ein Kilogramm Wasser würde, bei dieser Isolirung der Molecüle, fortwährend bei jeder Senkung um einen Grad eine Wärmeeinheit (*calorie*) verlieren, und nicht eine halbe Wärmeeinheit wie dieß beim Eise geschieht. Man würde dann ohne Mühe das Resultat der Erfahrung begreifen, daß die Wärme, welche von der Schmelzung bis zu 160° unter Null verloren geht, gleich ist der dem flüssigen Zustand zukommenden specifischen Wärme, so oft genommen als Grade der Temperatursenkung vorhanden sind.

Wir haben gesehen, daß die Formel $(160 + t)\delta = l$ sich nicht bei den Metallen bewährt; es ist jetzt leicht zu sehen warum. Wir setzten darin für die specifische Wärme des flüssigen Zustandes den oberhalb des Schmelzpunkts gefundenen Werth, während wir in Wahrheit den Werth nehmen müßten, wie er unterhalb dieses Punktes wäre. Bei vielen Körpern, namentlich denen, die leicht der Ueberschmelzung ausgesetzt sind, fallen diese beiden Werthe zusammen; allein bei den Metallen, wo diese Ueberschmel-

zung, wahrscheinlich wegen der ungeheuren Molecular-Attractionen, kaum merklich ist, ist dem nicht also. Provisorisch läßt sich nicht sagen, daß die Metalle von dem Gesetz

$$(160+t)(C-c)=l$$

eine Ausnahme machen, weil diese Ausnahme sich nur zeigt, wenn man für C einen anderen Werth setzt, als wirklich durch diesen Buchstaben ausgedrückt wird. Um diese Erklärung zu bestätigen, müßte man zeigen, wenigstens durch ein indirectes Verfahren, daß die spezifische Wärme der Metalle im flüssigen Zustand unter ihrem Schmelzpunkt merklich größer sey als im starren Zustand; und wirklich zeigen die leichtflüssigen Legirungen Erscheinungen, die zu Gunsten dieser Voraussetzung sprechen.

Als Folgerung aus dieser Formel ergibt sich eine sehr natürliche Bestimmung des absoluten Nullpunkts. Offenbar ist die latente Schmelzwärme der Unterschied der gesammten Wärme im starren und flüssigen Körper bei der Temperatur des Schmelzens. Nun sagt uns die Formel, dieß sey auch der Unterschied der von -160° C. an darin enthaltenen Wärmen. Dieß Resultat ist ganz einfach, wenn der absolute Nullpunkt 160 Grad C. unter dem gewöhnlichen Nullpunkt liegt, während man, wenn man behauptet, er liege niedriger, ohne Grund gezwungen ist anzunehmen, daß bei 160° C. unter Null die spezifische Wärme des flüssigen Zustandes genau gleich sey der des starren Zustandes. Wenn man überdieß sieht, daß die in der Flüssigkeit enthaltene Wärme sich schon bis 160° unter Null durch die Formel $(160^{\circ}+t)C$ ausdrücken läßt, so kann man wohl nicht Anstand nehmen, diese Formel weiter auszudehnen. Setzt man darin statt 160° den Abstand x des gewöhnlichen Nullpunkts vom absoluten Nullpunkt, so hat man $(x+t)C$ für die gesammte Wärmemenge der Flüssigkeit. Eben so hat man $(x+t)c$ für die des starren Körpers, und folglich $(x+t)\delta=l$, weil die latente Wärme l der Unterschied beider gesammten Wärmen ist. Diese Gleichung nun, verglichen mit dem durch $(160^{\circ}+t)\delta=l$ ausgedrückten Resultat der Erfahrung, giebt $x=160^{\circ}$ C.

Man glaubt allgemein, daß die latente Schmelzwärme eine constante GröÙe sey, aber es ist unendlich wahrscheinlich, daß sie wie die latente Verdampfungswärme variire nach der Temperatur, bei welcher die Aenderung des Aggregatzustandes geschieht. Betrachten wir 1 Kilogramm Eis bei -20° C. Um es auf 0° zu bringen, muß man ihm beinahe 10 Wärmeeinheiten geben, darauf, um es zu schmelzen, 79,2, also im Ganzen 89,2. Welchen Weg man auch einschläge, so muß man ihm immer, um es auf seinen ursprünglichen Zustand zurückzuführen, all die Wärme nehmen, welche man ihm gegeben hat. Wendet man nun die Ueberschmelzung an: das Wasser, indem es bis -20° erkaltet, verliert 20 Einheiten; es kann also beim Gefrieren nicht mehr als 69,2 verlieren. Das wird also die latente Wärme des Wassers bei -20° C. seyn, und das giebt auch offenbar die Formel $(160^{\circ} + t)\delta = l$, wenn man darin $t = -20^{\circ}$ setzt.

Sollte die latente Wärme constant bleiben, so müßte das Wasser, ohne zu gestarren, mit einem Male auf die Hälfte seiner Wärmecapacität herabgesetzt werden, was ganz unwahrscheinlich ist. Ueberdies liefert das Studium der leichtflüssigen Legirungen eine neue Probe dieser Veränderlichkeit der latenten Wärme.

Hienach betrachte ich die latente Wärme als den Unterschied der Wärmen, die bei der Erstarrungstemperatur, wie sie auch seyn möge, im starren und im flüssigen Körper enthalten sind. Diefs drückt die Formel $(x + t)\delta = l$ aus, wo x den Abstand des absoluten Nullpunkts vom gewöhnlichen bezeichnet. Da nun die Erfahrung $(160 + t)\delta = l$ giebt, und l in beiden Fällen dasselbe ist, so ist die Gleichheit $x = 160^{\circ}$ eine strenge Folgerung.

Da dieser Abstand des absoluten Nullpunkts vom Schmelzpunkt des Eises in Graden gleicher Wärmecapacität gegeben ist, und da die gewöhnlichen Grade auf einer großen Strecke der Scale auch fast von gleicher Wärmecapacität sind, so folgt, daß man in der sehr einfachen Formel $(160^{\circ} + t)c$, worin t die Temperatur des Körpers und c die spezifische Wärme desselben bezeichnet, ein

Maafs der gesammten Wärme eines starren oder flüssigen Körpers besitzt; bei den Metallen im flüssigen Zustande hat man die latente Wärme l hinzuzufügen. Diese Formel wird, glaube ich, eine Anwendung finden bei den Untersuchungen über die durch chemische Actionen erzeugte Wärme. Die wirklich erzeugte Wärme läßt sich nicht messen, wenn man nicht die gesammten Wärmemengen kennt, ausgenommen in dem sehr besonderen Falle, wo die Capacität einer Verbindung das Mittel aus den Capacitäten der Bestandtheile wäre.

Die Gesamtwärme der Dämpfe beim Siedpunkt läßt sich durch dieselbe Formel berechnen, wenn man die latente Wärme L hinzufügt. Diese latente Verdampfungswärme kann ebenfalls betrachtet werden als der Unterschied der gesammten Wärmen der Flüssigkeit und des Dampfs bei der Temperatur, bei welcher die Verdampfung geschieht. Bezeichnet also Δ den mittleren Unterschied der specifischen Wärmen der Flüssigkeit und des Dampfs, so hat man $(160^\circ + T)\Delta = L$. Folgende Tafel giebt die Resultate der Rechnung für Körper, deren specifische Wärme im flüssigen Zustand bekannt, und deren Verdampfungswärme bei der Temperatur t des Siedens unter $0^m,76$ wenigstens angenähert bestimmt ist. Es handelt sich hier um Atomgewichte.

	T .	L .	Latente Wärme.	Δ .
Aether	35°,7 C.	426	898	2,17
Schwefelkohlenstoff	46,6	502	719	2,42
Holzgeist	66,5	582	866	2,56
Alkohol	78,8	597	1024	2,50
Wasser	100,0	602	892	2,31
Terpenthinöl	156,8	653	1764	2,06
Schwefel	316,0	724	1392	1,52
Schwefelsäure	326,0	748	1791	1,53
Quecksilber	350,0	775	988	1,52

Wie man sieht, ändert Δ sich wenig und zwar regelmässig; und die Gesamtwärme ist sehr nahe dieselbe für mehrere Dämpfe, die in Zusammensetzung und Temperatur stark von einander abweichen, aber darin übereinkommen, daß sie eine gleiche Spannkraft besitzen.

XII. *Ueber das Verhalten des metallischen Zink-
gegen Quecksilberauflösungen;
von Heinrich Rose.*

Das Verhalten des metallischen Zinks gegen die Quecksilberoxyd- und Quecksilberchloridauflösungen ist bemerkenswerth. Das Zink fällt vollständig das Quecksilber aus den Auflösungen des salpetersauren und des schwefelsauren Quecksilberoxyds, nachdem in diesen durch Salpetersäure und durch Schwefelsäure die Fällung der basischen Salze verhindert worden ist. Das Zink verbindet sich dabei nicht mit dem Quecksilber, sondern letzteres scheidet sich als graue Kügelchen aus, die sich auf dem Boden des Gefäßes ansammeln. Das fällende Metall behält dabei sein Ansehen, oder wird nur etwas grauer als vor dem Versuche.

Gegen eine Quecksilberchloridauflösung verhält sich Zink zwar eben so wie gegen die Auflösungen des salpetersauren und schwefelsauren Oxyds; das Quecksilber wird unter denselben Umständen als ein Niederschlag von grauen Kügelchen, und zwar ebenfalls vollständig gefällt, während das Zink sein Ansehen nicht verändert. Hat man hingegen zu der Quecksilberchloridauflösung Chlorwasserstoffsäure gesetzt, so wird die in die Auflösung gelegte Zinkstange sehr bald stark blank und glänzend. Es findet dabei keine Gasentwicklung statt; nur einige Gasblasen adhären beständig an der blanken Oberfläche des amalgamirten Metalls. Das Quecksilber wird nur unvollständig aus der Auflösung gefällt, denn selbst nach mehreren Tagen kann in der Auflösung durch Reagentien die Gegenwart des Quecksilbers nachgewiesen werden. Wenn man freilich noch länger das Zink in Berührung mit der Flüssigkeit läßt, so wird endlich auch das Quecksilber vollständig ausgeschieden, aber nicht als ein Niederschlag von grauen Kügelchen, sondern es verbindet sich vollständig mit dem Zink und amalgamirt dasselbe. In jedem Falle wird bei Gegenwart von

freier Chlorwasserstoffsäure das Quecksilber aus der Chloridauflösung bei weitem langsamer und später ausgeschieden und unter ganz andern Erscheinungen, als aus der reinen Chloridauflösung.

Der Erfolg erscheint noch sonderbarer, wenn man den Versuch etwas modificirt. Legt man nämlich eine Zinkstange in Chlorwasserstoffsäure, und gießt, wenn die Wasserstoffgasentwicklung sehr stark im Gange ist, eine Auflösung von Quecksilberchlorid hinzu, so hört plötzlich die Gasentwicklung auf, das Zink wird glänzend und blank, indem es sich amalgamirt, und das Quecksilber ist nach mehreren Tagen nur unvollständig aus der Auflösung ausgeschieden. — Setzt man alsdann Platinchloridauflösung hinzu, so fängt eine Wasserstoffentwicklung wieder an.

Hat man aus einer Quecksilberchloridauflösung durch Zink das Quecksilber vollständig als einen Niederschlag von grauen Kügelchen gefällt, und setzt dann Chlorwasserstoffsäure hinzu, so wird nach kurzer Zeit das Zink blank und amalgamirt, ohne dafs jedoch das einmal als Kügelchen gefällte Quecksilber sich vollständig mit dem Zinke verbindet.

Das Verhalten des amalgamirten Zinks ist in der That auffallend. Schon Döbereiner ¹⁾ hat erwähnt, dafs bei Berührung eines Zinkamalgams mit Säuren keine Gasentwicklung stattfände, und vor kürzerer Zeit hat Millon darauf aufmerksam gemacht, dafs gewisse Metallaufösungen die Wasserstoffgasentwicklung vermittelt Zink und verdünnter Schwefelsäure sehr beschleunigen, von welcher Erscheinung Barreswill eine genügende Erklärung gegeben hat, dafs hingegen Quecksilberchloridauflösung dieselbe auferordentlich verzögern kann ²⁾.

Bekanntlich amalgamirt sich das Zink auf die Weise am leichtesten, dafs man es in Chlorwasserstoffsäure taucht und dann erst mit Quecksilber bestreicht. Ein solches amal-

1) Schweigger, Bd. Bd. 17, S. 238.

2) Poggendorff's Annalen, Bd. 66, S. 449.

gamirtes Zink bleibt vollkommen glänzend, wenn man es in Chlorwasserstoffsäure legt, in welcher es bekanntlich sich fast gar nicht, oder außerordentlich wenig auflöst, so dafs nur einzelne Gasblasen auf der glänzenden Oberfläche adhären.

Man weifs, dafs das amalgamirte Zink sich in elektrischer Hinsicht wie fast ein eigenes Metall verhält, und ungeachtet es von Säuren wenig angegriffen wird, es doch positiver wirkt als Zink allein. — Setzt man daher zu dem amalgamirten Zink, das mit einer verdünnten Säure in Berührung liegt, ein anderes Metall, so fängt sogleich an diesem eine starke Gasentwicklung an, wenn es das amalgamirte Zink berührt.

Es ist indessen nothwendig, dafs wenn das amalgamirte Zink sein merkwürdiges Verhalten, namentlich gegen Quecksilberchloridauflösung behalten soll, immer freie Säure zugegen seyn mufs, ohne welche es wie gewöhnliches Zink wirkt. Bringt man eine amalgamirte Zinkstange in Quecksilberchloridauflösung, so wird durch dieselbe das Quecksilber gerade so wie durch reines Zink als eine Fällung von grauen Kügelchen niedergeschlagen, und das amalgamirte Zink verliert das glänzende Aeufere. — Eben so reducirt das amalgamirte Zink die Auflösungen des schwefelsauren Kupferoxyds, des salpetersauren Silberoxyds und des essigsäuren Bleioxyds, wie das gewöhnliche Zink. Nur besteht ein Unterschied zwischen dem Fällern der Metalle dieser Auflösungen und dem des Quecksilbers aus der Chloridauflösung durch amalgamirtes Zink in sofern, als bei jenen ein Zusatz von Chlorwasserstoffsäure und von Salpetersäure die Reduction der Metalle nicht verhindert oder erschwert, wie bei der Quecksilberchloridauflösung.

Setzt man zu einer Quecksilberchloridauflösung nur wenige Tropfen von Chlorwasserstoffsäure, so wird zwar das Zink amalgamirt, aber durch langes Stehen scheidet sich etwas Quecksilber als graue Kügelchen aus, was nicht der Fall ist, wenn man eine gröfsere Menge von Chlorwasserstoffsäure angewandt hat.

Aehnlich wie Chlorwasserstoffsäure die Fällung des Quecksilbers aus der Chloridauflösung durch Zink verhindert oder erschwert, wirkt auch verdünnte Schwefelsäure. Es scheidet sich in diesem Falle häufig ein fein krystallinisches Salz ab, das aber nur Quecksilberchlorid ist, welches in verdünnter Schwefelsäure schwerer löslich ist, als im Wasser. Später bildet sich ein fein schuppiges krystallinisches Mehl, welches das Zink bedeckt, und auch häufig auf der Oberfläche der Flüssigkeit schwimmend erhalten wird. Es ist dies Quecksilberchlorür, das durch Zink nicht weiter verändert wird. Es ist auffallend, daß das Chlorür sich nur durch Zink aus der Chloridauflösung abscheidet, wenn Schwefelsäure hinzugefügt worden ist; nicht durch Zink aus einer reinen Chloridauflösung oder bei einem Zusatze von Chlorwasserstoffsäure. — Wird übrigens zu Zink, welches mit verdünnter Schwefelsäure übergossen worden ist, eine Quecksilberchloridauflösung gesetzt, so hört die Gasentwicklung plötzlich auf eine ähnliche Weise auf, wie bei einem Zusatze von Chlorwasserstoffsäure. Das Zink amalgamirt sich ebenfalls und einzelne Gasblasen adhäriren lange an demselben.

Auch die Salpetersäure hindert die Fällung des Quecksilbers aus der Chloridauflösung durch Zink auf eine ganz ähnliche Weise wie die Chlorwasserstoffsäure und die Schwefelsäure. Auch hierbei bildet sich Quecksilberchlorür.

Hat man durch Uebergießung von Zink mit Salpetersäure eine heftige Entwicklung von Stickstoffoxydgas bewirkt, so wird diese durch Hinzufügung von Quecksilberchloridauflösung sogleich gehemmt; das Zink amalgamirt sich.

Es ist bekannt, daß weder Schwefelsäure noch Salpetersäure im verdünnten und concentrirten Zustande das Quecksilberchlorid zersetzen können.

Das Eisen fällt das Quecksilber aus den Auflösungen seiner Oxydsalze vollständig wie das Zink. Auch aus der Quecksilberchloridauflösung wird das Metall vollständig durch Eisen ausgeschieden, und ein Zusatz von Chlorwasserstoffsäure hemmt weder die Gasentwicklung, noch die

Ausscheidung des Quecksilbers. Da das Eisen sich nicht amalgamirt, so erfolgt die Ausscheidung des Quecksilbers als ein Niederschlag von Kügelchen.

Während das Zink aus einer salpetersauren Quecksilberoxydauflösung das Quecksilber vollständig ausscheidet, ist es nicht im Stande das Quecksilberchlorür, selbst im frisch gefällten Zustande bei Gegenwart von Wasser zu zerlegen. Die Unlöslichkeit des Salzes kann in sofern wohl nicht die Ursache dieser Erscheinung seyn, da bekanntlich das Chlorsilber äußerst leicht und schnell durch Zink bei Gegenwart von Wasser zersetzt wird. Auch selbst bei Zusatz von Chlorwasserstoffsäure wird das Quecksilberchlorür durch Zink nicht zersetzt, oder nur in einem höchst unbedeutendem Grade, wenn dasselbe auch viele Tage in Berührung mit dem Zink und der Säure gelassen wird. Es findet dabei fast keine sichtliche Gasentwicklung statt, doch enthält die Flüssigkeit nach einiger Zeit Zinkoxyd aufgelöst.

Auch das unlösliche schwefelsaure Quecksilberoxydul wird bei Berührung mit Wasser durch Zink nicht reducirt. Nach vielen Tagen hatte sich indessen etwas Zinkoxyd aufgelöst, und das Zink war ein wenig amalgamirt worden. Bei einem Zusatz von verdünnter Schwefelsäure wird das schwefelsaure Quecksilberoxydul durch Zink mehr, obgleich immer im geringen Grade reducirt. Es findet dabei vom Zinke keine Gasentwicklung statt, das Zink wird aber amalgamirt.

XIII. Ueber das Schmelzen des Phosphors; von E. Desains.

(*Compt. rend.*, T. XXIII, p. 149.)

Der Zweck dieser Arbeit ist, den Schmelzpunkt des Phosphors, die specifische und die latente Wärme desselben im flüssigen Zustand zu bestimmen.

Die meisten Angaben sagen, der Phosphor schmelze bei 43° C. Um diese Temperatur mit Genauigkeit zu messen, muß man den Phosphor in einer Röhre unter einer dünnen Wasserschicht schmelzen, mitten ein Thermometer hineinstecken und erkalten lassen, unter Umrühren, so wie die Temperatur auf 42° oder 43° C. gelangt; dann gesteht er und die Temperatur steigt immer auf denselben Punkt, welcher der des Schmelzens oder Erstarrens ist. Befolgt man die Vorsicht des Umrührens nicht, so könnte der Phosphor 15° bis 20° unter diesen Punkt sinken, ohne zu Gestehen, und die latente Wärme, welche er dann beim Erstarren entwickelte, würde nicht hinreichen, ihn auf denselben zu erheben. Der Grad, bei welchem das Thermometer stehen bliebe, hinge ab von dem, bis zu welchem der Phosphor vor dem Gestehen erkaltet wäre, so wie auch von den Wärmeverlusten in dem umgebenden Mittel, denn je mehr dieses von der entwickelten latenten Wärme aufnimmt, desto weniger bleibt für die Erwärmung des starren Phosphors übrig.

Ich habe für den Schmelz- und Erstarrungspunkt des destillirten Phosphors $44^{\circ},2$ C. gefunden.

Ich habe gesucht die specifischen Wärmen des Phosphors im starren und im flüssigen Zustand mit einander zu vergleichen. Wenn ich flüssigen Phosphor ohne Umrühren erkalten liefs, sahe ich ihn oft, ehe er gestand, auf 28° , 26° und selbst auf 22° C. hinabsinken; dann erstarrte er von selbst und erwärmte sich, aber niemals bis 44° C. Nach dem Erstarren erkaltete er abermals, und durchlief dieselben Grade, welche er im flüssigen Zustand durchlaufen hatte. Durch Vergleich der Zeiten einer selben Erkaltung in den beiden Zuständen liefs sich das gesuchte Verhältnifs mit desto gröfserer Genauigkeit ableiten als alle äufseren Umstände strenger gleich waren. Ich fand, dafs der Phosphor, flüssig oder starr, zwischen 30° und 22° mit gleicher Geschwindigkeit erkaltet, und schlofs daraus, dafs er in beiden Zuständen eine gleiche specifische Wärme besitze.

Obgleich der Phosphor beim Erstarren sich bis 39° und 40° erwärmt, so beobachtet man doch die vorhergehende Gleichheit nicht mehr. Man findet gleich nach dem Maximum eine sehr langsame Erkaltung, die sich beschleunigt in dem Maasse als die Temperatur sinkt. Diese Anomalie zeigt an, daß der Phosphor nicht auf einmal gesteht, vielmehr einige Theile erst innerhalb zwei bis drei Minuten erstarren. Die Temperatur steigt so lange als die Menge, welche während einer gewissen Zeit erstarrt, mehr Wärme entwickelt, als die Umgebung aufnimmt; wenn dagegen das umgebende Mittel mehr Wärme entzieht als die Gestarrung in derselben Zeit liefert, erfolgt eine Erkaltung, die sich beschleunigt in dem Maasse als weniger latente Wärme entwickelt wird. Wenn aller Phosphor erstarrt ist, erkaltet er nach den gewöhnlichen Gesetzen.

Ich habe auch versucht, das Verhältniß zwischen der specifischen Wärme des flüssigen Phosphors und der des Wassers bei gleicher Temperatur zu bestimmen. Ich wandte die Erkaltungsmethode an, ohne jedoch die Körper in ein Vacuum zu bringen. Ich brachte Wasser in einen kleinen Messingcylinder, mitten darin ein Thermometer, und verfolgte die Erkaltung. Darauf nahm ich statt des Wassers flüssigen Phosphor, bedeckt mit einer Schicht Wasser, und beobachtete die Erkaltung in der Luft bei denselben Graden. Ich nahm an, daß die Erkaltungsgeschwindigkeiten der beiden Körper für einen gleichen Ueberschuß ihrer Temperatur über die des umgebenden Mittels sich umgekehrt verhalten wie die Producte aus den Massen in die specifischen Gewichte:

$$\frac{v}{v'} = \frac{m'x + p'}{m + p},$$

m' ist das Gewicht des Phosphors, x seine specifische Wärme und p' das Gewicht des übrigen Apparats, ausgedrückt in Wasser; m ist das Gewicht des Wassers, falls man die Erkaltung desselben beobachtet, und p das des übrigen Apparats, ausgedrückt in Wasser.

So erhält man die specifische Wärme des flüssigen Phos-

phors, bezogen auf die des Wassers bei gleicher Temperatur. Um es auf Wasser von 10° C. zurückzuführen, stützte ich mich auf das von Regnault gefundene Resultat, daß die spezifische Wärme des Wassers gegen 55° C. $\equiv 1,008$ ist, die des Wassers bei 10° zur Einheit genommen; mittelst einfacher Proportionen findet man den mit der Temperatur variablen Factor, mit welchem man die erhaltene spezifische Wärme multipliciren muß, um sie auf die des Wassers von 10° zu beziehen.

Als Mittel zweier Reihen Versuche bekam ich 0,2 für die spezifische Wärme des flüssigen Phosphors zwischen 26° und 50° C., und dieß Resultat wird dadurch bestätigt, daß Hr. Regnault in seiner ersten Abhandlung über die specifischen Wärmen¹⁾ gefunden hat, die Zahl 0,1895 könne nicht viel unter dem wahren Werth der specifischen Wärme des starren Phosphors liegen.

Um die latente Wärme des Phosphors zu erhalten, scheint es mir zu genügen, die spezifische Wärme desselben zu multipliciren mit der Zahl von Graden, um welche er beim Gestehen steigt. Allein es giebt dabei mehrere wichtige Berichtigungen: 1) Vom Augenblick, da die Temperatur vermöge der Erstarrung steigt, bis zu dem, da sie ihr Maximum erreicht, findet in dem umgebenden Mittel ein Wärmeverlust statt, welcher dieses Maximum verringert. 2) Selbst nach diesem Augenblick giebt es noch einen Rest von Phosphor, der gesteht, und, zu Anfang der Erkaltung, die schon bezeichnete Anomalie hervorbringt. 3) Die entwickelte Wärme erwärmt nicht bloß den Phosphor, sondern auch die ihn bedeckende Wasserschicht, das Gefäß und das Thermometer. Alle diese Fehlerquellen in Rechnung nehmend, finde ich im Mittel aus acht Versuchen die Zahl 5,4 für die latente Wärme des Phosphors.

Diese Resultate wurden durch die Mengungsmethode controlirt; allein statt geschmolzenen Phosphor in kaltes Wasser zu schütten, tauchte ich kalten Phosphor in heißes Wasser. Dieses Wasser befand sich in einer Atmos-

1) Annalen, Bd. 51, S. 231.

phäre von warmer Luft, in welcher es eine constante Temperatur höher als die der Schmelzung des Phosphors bewahren konnte. Der Phosphor erkaltete es, indem er sich erwärmte und schmolz, aber zuletzt blieb er flüssig am Boden des Wassers liegen, und wenn man ihn damit schüttelte, mußte er genauer die Temperatur desselben annehmen, als wenn er starr gewesen wäre. Mittelst der gewöhnlichen Gleichungen für die Vermengungsmethode konnte ich sonach finden, ohne die specifische Wärme des Phosphors als bekannt vorauszusetzen, daß die Gewichtseinheit dieses Körpers 10,910 Wärme-Einheiten erfordert, um von $19^{\circ},77$ auf $50^{\circ},06$ zu gelangen, welches Intervall seine Schmelzung mit einschließt. Durch Combination dieses Resultats mit denen, die Hr. Regnault in seiner Abhandlung über die specifischen Wärmen gegeben hat, erhält man die specifische und die latente Wärme des flüssigen Phosphors, bloß bestimmt durch die Vermengungsmethode.

In der That hat Hr. Regnault in einem Versuch gefunden, daß die Gewichtseinheit Phosphor 22,669 Wärme-einheiten erfordert, um von $8^{\circ},64$ auf $98^{\circ},42$ überzugehen, und in einem andern 21,832 Einheiten, um von $10^{\circ},64$ auf $97^{\circ},85$ zu gelangen. Mittelst der specifischen Wärme 0,1895 und der oben gefundenen Gröfse 10,910 ergibt sich leicht, was die Gewichtseinheit flüssigen Phosphors erfordert, um von $50^{\circ},06$ auf $98^{\circ},42$ oder $97^{\circ},85$ überzugehen, und durch Division hat man dann die specifische Wärme des flüssigen Phosphors zwischen 50 und 100. Sonach findet man 0,1996 für den ersten Versuch und 0,192 für den zweiten, also im Mittel 0,196.

Da diese beiden Bestimmungen mehr von einander abweichen, als die kleinere 0,192 von 0,189 abweicht, so beweisen sie nicht, daß der Phosphor beim Uebergang aus dem starren in den flüssigen Zustand eine wahrnehmbare Aenderung seiner specifischen Wärme erleidet. Nimmt man das Mittel 0,194 der drei Zahlen 0,1996, 0,192 und 0,189 als specifische Wärme des Phosphors zwischen 0° und 100° , und bedient man sich dieses Werthes, um von den Wär-

memengen 22,669, 21,832 und 10,910 das abzuziehen, was der jeder von ihnen entsprechende thermometrische Effect hervorbringt, so werden die Reste die latenten Wärmen seyn. Sonach findet man die drei Zahlen 5,25, 4,91 und 5,03, deren Mittel 5,06 ist.

Stellt man die von beiden Methoden gelieferten Zahlen neben einander, so hat man:

Mengungsmethode.		Erkaltungsmethode.	
Specifische Wärme zwischen 0° und 100°	0,194	Specifische Wärme zwischen 26° und 50°	0,200
Latente Wärme	5,06	Latente Wärme	5,4

Da bei der Mengungsmethode, auf schlecht leitende Körper angewandt, die wahrscheinlichen Fehler im Minus liegen, so hielt ich es für besser, die von der anderen Methode gelieferten, etwas größeren Mittelwerthe anzunehmen.

XIV. *Ueber Schiefswolle, deren chemische Zusammensetzung und Eigenschaften, verglichen mit denen des Braconnot'schen Xyloidins.*

In der Allgemeinen Zeitung vom 3. Jan. d. J. geben die HH. Schönbein und Böttger folgende Mittheilung:

Obgleich die Unterzeichneten hätten wünschen müssen mit der Bekanntmachung der chemischen Zusammensetzung der Schiefswolle noch einige Zeit zu warten, so finden sie sich doch durch mehrere Gründe bestimmt, ihr Stillschweigen früher als sie es sonst gethan zu brechen und folgende Mittheilung der Oeffentlichkeit zu übergeben.

Sie haben gefunden, dafs das beste Auflösungs- und Reinigungsmittel für explodirende Holzfaser überhaupt wie für Schiefswolle insbesondere der *Essigäther* ist. Mit Hülfe dieses Lösungsmittels lassen sich jene explosiven Stoffe sehr leicht in vollkommener Reinheit darstellen.

Die

Die Analyse ihrer bei $+100^{\circ}$ C. im Wasserbade eine Stunde lang getrockneter Schiefswolle lieferte folgendes Ergebnifs. In 100 Th. wurden

	gefunden	berechnet
Kohlenstoff	27,43	28,1
Wasserstoff	3,54	3,1
Stickstoff	14,26	14,5
Sauerstoff	54,77	54,3

Das durch Alkohol vollkommen gereinigte Xyloidin besteht, einer Analyse des Hrn. Ballot zufolge ¹⁾ aus,

	gefunden	berechnet.
Kohlenstoff	37,29	37,31
Wasserstoff	4,99	4,84
Stickstoff	5,17	5,76
Sauerstoff	52,55	52,09.

Bei einer schon oberflächlichen Vergleichung dieser Analysen ersieht man, dafs die Zusammensetzung unserer Schiefswolle von der des *Xyloidins* bedeutend abweicht, und jene eine an Kohlenstoff ärmere oder an Sauerstoff reichere Verbindung als die Braconnot'sche Materie ist, die Schiefswolle somit auch bei ihrer Verbrennung mehr Gas erzeugen, eine stärkere Explosivkraft besitzen und weniger Rückstand hinterlassen mufs als das Xyloidin.

Auch aus dem Verhalten beider Stoffe gegen andere Agentien erkennt man leicht deren charakteristische Verschiedenheit. So wird, um hier nur einiger Reactionen Erwähnung zu thun, Xyloidin, besonders in der Wärme, von der concentrirtesten Essigsäure gelöst, und nach Zusatz von Wasser unverändert wieder in flockiger Gestalt daraus abgeschieden. Schiefswolle ist dagegen in dieser Säure völlig unlöslich.

Xyloidin löst sich ferner bei längerem Kochen in Salzsäure von 1,12 spec. Gew., desgleichen in Salpetersäure von 1,38 spec. Gew. zu einer farblosen Flüssigkeit auf, aus

1) Annalen der Pharmacie und Chemie, Bd. 45, S. 47.

welcher bei Wasserzusatz keine Fällung erfolgt; es erscheint durch diese Behandlung völlig zersetzt. Schiefswolle verhält sich zu den erwähnten zwei Säuren gänzlich indifferent.

Xyloidin löst sich theilweis in absolutem Alkohol und fast ganz in alkoholhaltigem Schwefeläther zu einer farblosen gallertartigen Masse, die, auf eine glatte Fläche gestrichen, nach dem Verdunsten des Lösemittels eine matt-weiße, undurchsichtige, nicht ablösbare Haut hinterläßt. Schiefswolle ist in genannten Flüssigkeiten so gut wie unlöslich.

Xyloidin zu einem Häufchen aufgeschüttet und mit einer glimmenden Kohle berührt, brennt ruhig mit Flamme ab, unter Hinterlassung eines sich rauh anführenden kohligen Pulvers. Schiefswolle brennt blitzschnell ab, ohne den mindesten Rückstand zu lassen.

Xyloidin entzündet sich bei 180° C. Schiefswolle, im Oelbade einer Temperatur von 230° C. ausgesetzt, entzündet sich momentan

bei 200° C. erst nach Verlauf von 12 Sekunden

- 107 - - - - 30 -

- 150 - - - - 12 Minuten

- 130 - - - - niemals.

Was den Einfluß betrifft, welchen die Reibung auf trockne Schiefswolle ausübt, so haben die vielen Schiefs- und Sprengversuche, welche wir damit anstellten, dargethan, daß die bei den erwähnten Operationen stattfindenden Reibungen niemals eine Explosion veranlaßten. Nur wenn dieselben so heftiger Natur sind, daß die dadurch auftretende Wärme-Entwicklung der Entzündungstemperatur gleich kommt, kann sich Schiefswolle entflammen, was aber bekanntlich nach den sorgfältig angestellten Versuchen der Professoren Reich und Kersten bei gewöhnlichem Schiefspulver auch der Fall ist ¹⁾. Mäfsig starke Hammerschläge gegen auf einem Amboss liegende Schiefswolle geführt, verursachen zwar einen Knall und eine Zerstäubung der Wolle,

1) Jahrbuch für Berg- und Hüttenmann, 1841, S. 115.

ohne dafs aber diese sich entzündet. Reibt man Schiefswolle mit gröblich zerstoßenem harten Natronglase in einem porcellanen Mörser anhaltend und stark, so findet niemals eine Entzündung derselben statt.

Ueber die Triebkraft der Schiefswolle, so wie deren Bereitungsweise u. s. w., werden die Unterzeichneten später die Resultate ihrer Versuche mittheilen, und sie können nur bedauern, in ihren wissenschaftlichen Untersuchungen durch so manche voreilige und rücksichtslose Schritte Anderer mannigfach sich gestört zu sehen.

Basel und Frankfurt a. M., im December 1846.

Zusatz. Die bald nach Bekanntwerdung der Schönbein'schen Entdeckung wohl zuerst durch Prof. Otto, zu Braunschweig (Deutsche allg. Zeit. v. 5. Oct. 1846), verbreitete Meinung, als sey die Schiefswolle identisch mit dem i. J. 1833 von Braconnot ¹⁾ entdeckten Xylloidin, kann nach obiger Mittheilung sicher als hinreichend widerlegt angesehen werden, um so mehr, da auch anderweitige Untersuchungen zu einem gleichen Ergebnifs geführt haben.

So giebt Hr. Dr. Pettenkofer zu München, in der Allgem. Zeit. vom 12. Dec. 1846, als das Ergebnifs seiner mit Baumwolle, Xylloidin und Schiefswolle angestellten Analysen folgende Zahlen:

	Baumwolle		Xylloidin		Schiefswolle	
	Gewicht.	Atome.	Gewicht.	Atome.	Gewicht.	Atome.
Kohlenstoff	44,5	12	36,76	12	26,08	12
Wasserstoff	6,1	10	4,79	9	2,52	7
Stickstoff			5,65	1	5,10	1
Sauerstoff	49,4	10	52,80	14	66,30	23

von welchen die letzteren mit einer Gewichtszunahme der Baumwolle, bei Umwandlung in Schiefswolle, im Verhältnifs 100 : 170 übereinkommen.

Selbst in Paris, wo man die Schönbein'sche Entdeckung vom ersten Augenblick ihrer Bekanntwerdung an mit großem Eifer verfolgt hat, wie die zahlreichen Aufsätze und

1) *Ann. de chimie et de physique*, T. LII, p. 290.

Notizen in den *Compt. rend.* der Academie zur Genüge beweisen (*T. XXIII*, p. 806, 837, 861, 837, 861, 874, 892, 940, 980, 982, 983, 999, 1020, 1085, 1087, 1090, 1140), ist man von obiger Meinung längst zurückgekommen.

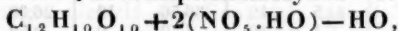
Pelouze, der sie anfangs hegte, ist sehr bald zu der entgegengesetzten übergegangen, selber zugebend, dafs, obwohl er durch seine Arbeiten im J. 1838 (*Compt. rend. T. VII*, p. 213), und namentlich durch Darstellung eines mit Salpetersäure bereiteten leicht entzündlichen Papiers (*papier-ministre*), der Entdeckung der Schiefswolle und ihrer technischen Anwendung sehr nahe gewesen sey, dennoch Hrn. Professor Schönbein das Verdienst in dieser Sache verbleibe.

Er belegt die Schiefswolle (*coton-poudre*, *fulmi-coton*) mit dem Namen *Pyroxyline* oder *Pyroxyle*, und giebt für sie, unter Voraussetzung, dafs sie das einzige Product bei Behandlung der Baumwolle mit Salpetersäure sey, folgende Zusammensetzung:

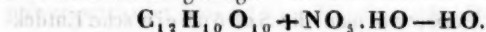
	Gefunden.	Berechnet.	Atome.
Kohlenstoff	26,66	34,80	12
Wasserstoff	3,70	4,34	11
Sauerstoff	59,28	54,09	22
Stickstoff	10,36	6,77	2

nach welcher (von der Erfahrung etwas stark abweichenden) empirischen Formel er die rationelle aufstellt:

1 At. Baumwolle + 2 At. Salpetersäurehydrat — 1 At. Wasser



während er für das Braconnot'sche Xyloidin (das bei der Behandlung von Baumwolle oder Stärkmehl, Sägespänen, Leinwand, Mimosengummi etc. mit kalter concentrirter Salpetersäure aus dieser durch Wasser gefällte weisse Pulver) zu dem Resultat gelangt:

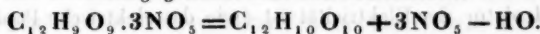


Späterhin hat Hr. Peligot die Schiefswolle analysirt. Er bereitete sie 1) nach dem zuerst vom Dr. Knop, zu Leipzig, veröffentlichten Verfahren durch 5 minutliches Ein-

tauchen der Baumwolle in ein Gemisch von 1 Vol. concentrirter Schwefelsäure und 2 Vol. rauchender Salpetersäure; 2) durch ähnliches Eintauchen in ein Gemisch aus gleichen Volumen beider Säuren. Von letzterer untersuchte er zwei Proben, die eine von ihm, die andere von Hrn. Pelouze dargestellt. Seine Analysen ergaben:

	Beobachtet.			Berechnet.
	I.	II a.	II b.	
Kohle	22,3	22,5	23,2	22,8
Wasserstoff	25,5	23,8	26,4	25,6
Salpetersäure	52,0	52,7	50,4	52,6.

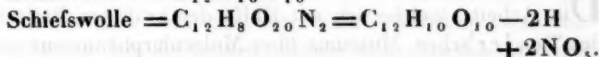
Die Rechnung gründet sich auf die Formel:



Ferner hat Hr. Ransome, zu Manchester, eine Analyse der Baumwolle und Schiefsbaumwolle (*Gun-Cotton*) geliefert (*Phil. Magaz.*, Vol. XXX, p. 1). Er findet:

	Baumwolle		Schiefwolle	
	Beobacht.	Berechn.	Beobacht.	Berechn.
Kohlenstoff	44,20	44,44	26,28	26,82
Wasserstoff	7,04	6,17	3,16	2,94
Sauerstoff	48,76	49,39	60,36	59,70
Stickstoff			10,20	10,54

entsprechend den Formeln:



Endlich ist auch, zufolge einer Notiz im *polytechnischen Centralblatt*, 1847, S. 38, von den HH. E. Schmidt und F. Hecker, zu Chemnitz, die Schiefswolle in Untersuchung genommen, und im Mittel aus acht Analysen gefunden worden: 25,3 Kohle, 2,7 Wasserstoff, 15,5 Stickstoff und 59,3 Sauerstoff, entsprechend: $\text{C}_{24}\text{H}_{15}\text{N}_5\text{O}_{40}$.

Wie man sieht, weichen die bisher angestellten Analysen der Schiefswolle noch beträchtlich von einander ab, was wohl zum großen Theil darin seinen Grund haben

mag, daß bei der Einwirkung von Salpetersäure auf Baumwolle mehre ähnlich zusammengesetzte Producte entstehen, und auf die Trennung derselben meistens nicht Bedacht genommen worden ist.

Schließlich mögen hier aus den zahlreichen Verhandlungen über die Schiefsbaumwolle noch drei Bemerkungen Platz finden: 1) daß dieselbe sich ganz so wie die Baumwolle mit jedem beliebigen Pigment färben läßt, ohne ihre explodirenden Eigenschaften zu verlieren (Polytechn. Centralblatt, 1847, S. 39); — 2) daß sie, den HH. Bernard und Barreswil zufolge, ganz unverändert durch den thierischen Körper geht (*Compt. rend.*, T. XXIII, p. 944), — und 3) daß sie, nach Hrn. Bowman, im hohen Grade ein Isolator der Elektrizität ist (wie das elektrische Papier, s. Annalen, Bd. 68, S. 159), und demnach von Baumwollenfäden, die mit Salpetersäure gehörig behandelt worden sind, bei elektrischen Versuchen eine nützliche Anwendung zum Isoliren gemacht werden kann. (*Phil. Magaz.*, 1846, Vol. XXIX, p. 500.)

XV. Ueber die Lichterscheinungen bei der Volta'schen Säule; von Hrn. van Breda in Harlem.

(*Compt. rend.*, T. XXIII, p. 462. Ein Schreiben an Hrn. Arago.)

Die Arbeit, welche ich mit Hülfe der kräftigen Batterie des Teyler'schen Museums über Molecularphänomene unternommen habe, ist noch lange nicht beendet. Da ich indess in den *Compt. rend.* (T. XXII, p. 690) einen Auszug von einer Abhandlung des Hrn. De la Rive über dieselben Erscheinungen finde, und ihr berühmter Verfasser darin einige Resultate angiebt, die nicht ganz mit denen meiner Versuche übereinzustimmen scheinen, so glaube ich im Interesse der Wissenschaft zu handeln, wenn ich Ihnen einige der vorzüglichsten der von mir gefundenen Thatsachen mittheile, mir vorbehaltend, sie ausführlicher zu be-

schreiben, sobald ich mehre andere Versuche, für welche die Apparate bestellt sind, beendigt haben werde.

Die Grove'sche Batterie des Teyler'schen Museums besteht aus 60 Zellen, deren Platten 45 Quadratzoll engl. halten. Ich liefs zunächst einen Apparat construiren, mittelst dessen ich den Lichtbogen im Brennpunkt eines Mikroskops hervorbringen konnte. Unter dem Mikroskop liefs ich eine Metallspitze bewegen, bald gegen eine zweite Spitze der Art, bald gegen eine Metallplatte. Die Bewegung geschah mittelst einer Mikrometerschraube, welche Hundertel eines Millimeters zu bestimmen erlaubte.

Niemals, und darin stimme ich vollkommen mit dem berühmten Genfer Professor überein, konnte ich eine Fortführung der Materie erhalten, wenn nicht zuvor Contact stattgefunden hatte. Ich hielt die beiden sehr scharfen Spitzen in einem gegenseitigen Abstand, der nicht $\frac{1}{10}$ Millimeter überstieg, ohne dafs zehn Zellen meiner grossen Batterie den Anfang einer Fortführung bewirken konnten. Sobald Contact stattfindet, tritt der Strom ein, hört aber sogleich wieder auf, wenn die Spitzen sehr scharf sind, weil sie an ihren Enden geschmolzen und längs den Elektroden abgestofsen werden, eine Erscheinung, die mit einer andern zusammenhängt, welche ich weiterhin besprechen und in einer künftigen Abhandlung näher betrachten werde.

Als ich indess zehn Zellen von gewöhnlicher Gröfse angewandte, dauerte der Strom nach dem Contacte fort, und ich beobachtete sehr gut unter dem Mikroskop, was voring, wenn ich die beiden Spitzen von einander oder die eine von der Platte entfernte. Da die Abstofungskraft geringer war, so sah ich, dafs, sobald der Contact stattfand, die flüssige Masse, das geschmolzene Metall, der Bewegung des Entferns der Spitze folgte, und sowohl an der Spitze als an der Platte haften blieb, während es von dem einen Pol zu dem andern getrieben ward, eine Bewegung, die ich mit dem Mikroskop recht gut wahrnahm; zugleich verbrannte das Metall und erzeugte das unter dem Namen des galvanischen Bogens bekannte Licht.

Diese Erscheinung ist nicht die des Substanztransports zwischen zwei von einander entfernten Polen. Freilich kann man, wenn man die Spitzen plötzlich von einander entfernt, den flüssigen Metallfaden, durch welchen der Strom bei diesem Versuch geleitet wird, zerreißen, und alsdann geschieht der Substanztransport durch die Luft; allein mir scheint, daß es immer einige Schwierigkeit haben werde, zu erkennen, welche der Erscheinungen stattfindet. Man kann nicht immer entscheiden, ob der Transport der geschmolzenen Materie in dem ununterbrochenen Faden geschieht oder in der Luft, ohne daß die Spitzen durch irgend eine Materie verbunden sind.

Die Erscheinungen, welche man nach vorherigem Contact beobachtet, sind, wie mir scheint, verwickelter Natur, und müssen zu unsicheren Resultaten führen.

Glücklicherweise konnte ich einen Kunstgriff benutzen, der mir erlaubte, einen Strom mit Fortführung der Theilchen herzustellen, als die Elektroden einen ziemlich beträchtlichen Abstand von einander hatten, und ohne daß der geringste Contact stattfand.

Dieser Kunstgriff besteht darin, daß man eine elektrische Entladung überschlagen läßt zwischen den beiden Spitzen oder zwischen der Spitze und der Platte, nachdem man diesen zuvor den Abstand gegeben hat, bei welchem die Wirkung des Stroms eine Fortführung gestattet. So wie der elektrische Strom übergeht, sey es vom positiven Pol zum negativen oder umgekehrt, stellt sich sogleich der Strom ein und die Fortführung der Theilchen beginnt ¹⁾.

Nachdem so eine erste Fehlerquelle, welche der vorherige Contact mir einzuführen schien, entfernt worden war, beobachtete ich, daß noch eine übrig bliebe, nämlich die Verbrennung der Metalltheilchen, deren Fortführung nicht ohne große Wärmeentwicklung geschieht.

Um diese Verbrennung unmöglich zu machen, stellte ich meine Versuche im Vacuo der Luftpumpe an. Ein zu

1) Dieser Kunstgriff ist übrigens schon bekannt, rührt, nach Sturgeon, von Sir Herschel her. S. Ann., Bd. 49, S. 122. P.

dem Ende von Hrn. Logeman, einem unserer geschicktesten Künstler, angefertigter Apparat, welchen ich nach Beendigung meiner Versuche ausführlich beschreiben werde, hat allen meinen Wünschen entsprochen.

Mittelst dieses Apparats war es mir leicht die Elektroden unter einer fast luftleeren Glasglocke zu nähern und zu entfernen, und wenn ich zwischen den Spitzen oder der Spitze und Platte, welche die Enden der Elektroden bildeten, die Entladung einer Leidner Flasche überschlagen liefs, konnte ich die Fortführung der Theilchen *ohne Contact und im Vacuo* bewerkstelligen.

Die Fortführung geschah noch, sobald zwischen zwei Kugeln eine Metallplatte, und sogar eine Platte von anderem Metall als die Kugeln eingeschaltet war.

Sie bietet im Vacuo eins der schönsten Schauspiele dar; ich zweifle nicht, dafs man sie bald in allen physikalischen Vorlesungen, wo man hinreichend starke Apparate besitzt, wiederholen werde.

Die Fortführung geschieht nicht blofs, wie in der Luft, unter der Form einer Flamme oder eines sehr intensiven Lichts, sondern, wenn der Abstand nicht zu grofs ist, werden die Theilchen in Form von Funken fortgeschleudert: die Materie kommt aus den Elektroden in rothglühenden glänzenden Kügelchen hervor, welche in Feuergarben gegen die Platte schiefsen, die man zwischen die beiden Kugeln eingeschaltet hat.

Durch dieses Mittel kann man die Frage beantworten, welche Hr. De la Rive in seiner letzten Abhandlung aufwirft: Es ist sehr schwierig, sagt der berühmte Gelehrte, zu bestimmen, welches der Zustand des glühenden Systems der von Pol zu Pol übergeführten Theilchen sey. Ist es ein flüssiger Zustand, oder eine Art gasförmiger oder blofs ein staubförmiger? Diefs kann durch einen blofsen Blick auf die Erscheinung nicht entschieden werden. Der physische Zustand des Niederschlags scheint zu beweisen, dafs die Theilchen, wenigstens in einigen Fällen, einen flüssigen oder gasförmigen Zustand hindurchgegangen sind.

Ohne allen Zweifel wurde, bei meinen Versuchen, die Materie im flüssigen Zustand übergeführt. Sehr beträchtliche, dem bloßen Auge recht sichtbare Theilchen, zurückgeworfen von der Oberfläche der Elektroden, gegen welche sie geschleudert wurden, können, nach dem Versuche, in Form von Kügelchen in bedeutender Menge am Boden des Apparats gesammelt werden. Sie prallen sogar mit solcher Kraft ab, daß sie, noch flüssig, gegen die Wand der zum Versuch angewandten Glocke fliegen, daselbst das Glas schmelzen und darin sitzen bleiben.

Diese Theilchen sind ganz kugelförmig, waren also geschmolzen. Man kann sie mit dem Auge verfolgen, von der Elektrode, von welcher sie ausgehen, bis zur andern, plattenförmigen Elektrode, welche sie zurückwirft, und bis zum Boden der Glocke, wo sie sich sammeln lassen. Wendet man Eisen an, so sind sie vom Magnet sehr anziehbar.

Eine wichtige Folgerung, die mir aus diesen Versuchen hervorzugehen scheint, ist die, daß die von dem einen Pol *ausgestoßen*en Theilchen von dem andern nicht verändert werden. Denn wenn dies der Fall wäre, würden wohl die Theilchen, die von einer Kugel zu einer Platte übergehen, nach allen Seiten zurückgeworfen werden?

Was die Richtung des Transports der Materie betrifft, so hegt Hr. De la Rive dieselbe Meinung wie seine Vorgänger. Er nimmt an, dieser Transport geschehe nur vom positiven Pol zum negativen. Ich habe Ursache zu glauben, man werde, bei Wiederholung der Versuche unter den angezeigten Vorsichtsmaßregeln, finden, daß diese Meinung einer weiteren Prüfung bedürfe.

Alle meine Versuche im Vacuo zeigen mir, daß die Fortführung nach beiden Seiten geschieht, gleichzeitig vom positiven zum negativen und vom negativen zum positiven Pol. Die Menge der fortgeführten Substanz hängt von der Natur und der Form der Elektrode ab.

Auf einer sehr empfindlichen Wage wogte ich die beiden Elektroden sehr genau, erst vor dem Versuch und dann nach demselben. Und siehe da: der Gewichtsverlust am negativen Pol übertraf den am positiven.

Ueberdies scheint mir, man drücke sich unrichtig aus, wenn man sagt, die Materie werde von dem einen Pol zum andern transportirt. Meine Versuche scheinen, wie oben gesagt, anzudeuten, daß die Theilchen der Elektroden von beiden Seiten im Raume fortgeschleudert werden, was nicht verhindert, daß einige dieser Theilchen zum gegenüberstehenden Pol gelangen, und sich an dessen Fläche, die im Zustande des Schmelzens ist, anheften.

Der grössere in dem Raum fortgeschleuderte Theil indess fällt nieder und kann am Boden des angewandten Gefäßes gesammelt werden. Dies Zurückwerfen ist besonders sichtbar, wenn man eine Kugel und eine Platte anwendet. Die Oberfläche der Platte sendet die Materie, indem sie dieselbe zurückwirft, zum andern Pol zurück, und hält sie nicht an sich, wie geschehen müßte, wenn eine Anziehung stattfände.

Hier das Detail einiger meiner Versuche:

1) Zwei Eisenkugeln an den Elektroden. Der Versuch geschieht im Vacuo und ohne vorherigen Contact. Die Kugel am positiven Pol wird vor und nach dem Versuch gewägt; sie hat durch Wirkung des Stroms 309 Milligrm. verloren; die am negativen Pol 55 Milligrm. Beide sind kraterförmig ausgetieft.

2) Zwei Kupferkugeln an den Elektroden. Zwischen beide ist eine dicke Eisenplatte isolirt eingeschaltet. Der Versuch, wie der vorhergehende, im Vacuo angestellt. Die Schließung wird, wie bei jenem, durch eine elektrische Entladung bewirkt. Die Kugel am positiven Pol hat 63 Milligrm. gewonnen; sie ist überzogen mit Eisen. Die am negativen Pol hat 360 Milligrm. zugenommen; sie ist ebenfalls mit Eisen bedeckt. Die eingeschaltete Eisenplatte hat 327 Milligrm. verloren, und man gewahrt Spuren von Kupfer darauf.

3) Eine Eisenkugel am positiven Pol; ein Kegel von Coak, nach Bunsen'scher Weise bereitet, am negativen Pol. Der Abstand beträgt zu Anfange des Versuchs 3 Millimeter. Nachdem er 33 Secunden fortgesetzt worden, hat das Eisen 32 Milligrm. verloren. Der Coak hat 5 Mil-

ligramm verloren, und ist dennoch mit Eisen oder vielmehr Stahl bedeckt.

4) Eine Eisenkugel am negativen Pol; ein Kegel von Bunsen'schem Coak am positiven. Das Eisen hat in 33 Secunden 80 Milligrm. verloren, fast eben so viel wie im vorigen Versuch, welcher der umgekehrte von diesem ist. Der Coak am positiven Pol hat 25 Milligrm. verloren. Die Ränder an der Vertiefung im Coak sind merkwürdig hart, sie ritzen die besten Feilen.

Nach allem diesen scheint es mir nicht zweifelhaft, daß die Materie zu gleicher Zeit von beiden Polen fortgestoßen werde. Es fragt sich nur noch, ob an beiden Seiten die Menge gleich sey. Die beiden folgenden Versuche scheinen mir diese Gleichheit zweifelhaft zu machen; allein dieser Punkt bedarf weiterer Versuche zu seiner Entscheidung.

5) Eine Kupferplatte am positiven Pol, eine Kupferspitze am negativen. Die Spitze schmilzt und fließt ab, die Platte gewinnt 22 Milligrm. So wie der elektrische Funke den Strom eingeleitet hat, wird eine schöne bläuliche Flamme gegen die Platte reflectirt.

6) Die Kupferplatte am negativen Pol, die Kupferspitze am positiven. Die Spitze schmilzt und die Platte gewinnt 30 Milligrm.; allein das Licht ist weniger intensiv, und der Strom verschwindet, als der Abstand zwischen den Polen durch das Schmelzen der Spitze nur wenig vergrößert worden ist, während beim fünften Versuch der Strom nicht eher aufhörte, als bis durch das Schmelzen der Spitze der Abstand zwischen den Polen auf 2 Centimet. gestiegen war. Zu Anfange des Versuchs betrug dieser Abstand nur eben so viele Millimeter.

Wenn ich den Abstand zwischen zwei Kugeln oder zwischen einer Kugel und einer Platte hinreichend klein nehme, so bringe ich, ohne vorherigen Contact, mit einer Säule einen Metallfaden hervor, der die beiden Elektroden mit einander verknüpft und den Strom unterhält.

Endlich empfehle ich Ihrer Beachtung noch einen Ver-

such, der mir die Abstofsung, welche zwischen den den Strom leitenden Metalltheilchen stattfindet, zu beweisen scheint.

Führt man nämlich den Strom einer Batterie von 60 Elementen durch einen Draht von Platin, Eisen, Kupfer oder sonst einem Metall, so kommt das Metall anfangs zum Glühen, dann schmilzt es, und dieser Faden geschmolzenen Metalls, in welchem man mannigfache Bewegungen erblickt, reißt nach einigen Augenblicken an einem unbestimmten Ort, und die dadurch gebildeten Enden werden längs dem Draht ziemlich weit fortgeschleudert; nach dem Versuch endet also dieser Draht an der Stelle, wo er durch die Gewalt des Stroms zerrissen ward, in zwei Kügelchen. Diefs Phänomen wird von keiner Lichtentwicklung, von keiner Verbrennung begleitet. Der Draht gewinnt oder verliert in diesem Versuche nichts an Gewicht; es zeigt sich nichts als der gewöhnliche Funke im Moment, da die Repulsion ihre Wirkung ausübt oder der Draht in zwei Stücke zertheilt wird ¹⁾.

XVI. *Bemerkung zum Aufsatz des Hrn. Frapolli; von Bernhard Cotta.*

Professor der Geognosie in Freiberg.

Der Aufsatz des Hrn. Frapolli über die Lagerung der secundären Flötze im Norden des Harzes, nebst einigen Betrachtungen über die Bildung der Gypse, Dolomite und Steinsalze, in No. 12 des 69. Bandes dieser Annalen, veranlaßt mich darauf aufmerksam zu machen, daß die in demselben entwickelten *Ideen* über die Bildung von Gyps, Dolomit und Steinsalz auch von mir schon in v. Leonhard's

1) Wir erinnern hier an die verwandte und gründliche Arbeit des Hrn. Dr. Riess über das Glühen und Schmelzen von Metalldrähten durch Elektricität; Annalen, Bd. 65, S. 481. P.

und Bronn's Jahrbuch, 1845, S. 79 und 82, und in der zweiten Auflage meiner Geognosie, S. 150 und 151, ausgesprochen wurden, aber freilich auch nur als Ideen. Hr. Frapolli, wie mir, fehlt der *Beweis*; doch bin ich damit beschäftigt, den vermutheten Bildungsgang durch Experimente nachzuahmen, deren Resultate ich im Falle des Gelingens veröffentlichen werde.

Außerdem glaube ich durch die S. 306 meiner Geognosie mitgetheilten Beobachtung nachgewiesen zu haben, daß der Gyps zuweilen auch eruptiv auftritt (wenn auch vielleicht nur in Folge der Volumenvermehrung bei seiner Umwandlung aus Kalkstein), und daß somit diese Annahme vieler Geologen, unter gewissen Modificationen des Begriffes eruptiv, keineswegs zu verwerfen ist.

Was endlich die der Natur der Sache nach sehr hypothetische Erklärung der großartigen parallelen Fältelung der den Harz umgebenden Flötzschichten betrifft, so bedauere ich, daß Hr. Frapolli dabei die Beobachtungen Credner's, so wie die meinigen, welche sich im Jahrb. 1839, S. 379; 1840, S. 292; 1841, S. 556 und 1842, S. 206, mitgetheilt finden, nicht berücksichtigt hat. Ich glaube nicht, daß sich die thüringischen Erhebungslinien, welche ganz isolirt, aber parallel zwischen horizontal gelagerte Flötzgebirgsstrecken vertheilt sind, mit der von Hr. Frapolli gegebenen Erklärung vereinigen lassen.

Freiberg, 12. Dec. 1846.

XVII. *Notizen.*

1) *Meteorsteinfall im Mindelthal* (Kreis Schwaben in Bayern). — Derselbe ereignete sich um 2 Uhr Nachmittags am 25. Dec. des verflossenen Jahres unter einem heftigen, mindestens in einem Umkreis von 18 Stunden Durchmesser vernommenen Getöse, welches anfänglich fernem Kanonendonner glich, nach zwanzig und etlichen Schlägen aber in

ein Trommeln und Pauken übergieng und mit einem langgezogenen Sausen und Klingen endigte. Nur im Filialdorfe Schönenberg, auf der Westseite des Thals, wurde von einigen Personen eine ziemlich rasch fliegende schwarze Kugel hoch über den Häusern bemerkt, und eine derselben war so glücklich diese Kugel in einem Garten in die Erde einschlagen zu sehen. Die Nachricht hievon brachte die ganze Gemeinde auf die Beine, und veranlafte eine Ausgrabung des Niedergefallenen, das zwei Fufs tief in den etwas gefrorenen Lehm Boden eingedrungen war. Die zu Tage geförderte Masse bildete eine unregelmäßige abgestutzte Pyramide, 14 Pfund 17 Loth an Gewicht, und ganz von der äufseren Beschaffenheit der Meteorsteine. Sie wurde später nach München geschafft, von wo wir vermuthlich bald ein Näheres über ihre Zusammensetzung erfahren werden. — Eine interessante Wirkung, heifst es in der *Allgemeinen Zeitung* vom 1. Jan. d. J., aus welcher wir obige Nachricht schöpfen, äufserte die heftige Luferschütterung auf die Atmosphäre. Der Himmel war bei einer Temperatur von 0° mit einem Schnee verheifsenden Wolkenschleier bedeckt (es hatte fast den ganzen Vormittag geschneit), heiterte sich aber sogleich nach dem Meteor auf, und zwar wurde in Richtung seiner Bahn gleich ein wolkenfreier Streif sichtbar, dem heller Sonnenschein folgte, in dessen Folge das Gewölk sich vollends auflöste.

2) *Durchbruch eines Soolensprudels* zu Nauheim. — Unter dem Wüthen eines orkanartigen Stroms hat sich, wie die *Kasseler Allg. Zeitung* meldet, in der Nacht vom 21. zum 22. Dec. verflossenen Jahres, in der Nähe des Kurbrunnens von *Nauheim* durch die ungefähr 600 Fufs tiefe Röhre eines seit vier Jahren aufgegebenen artesischen Bohrversuchs eine neue prächtige Soolquelle Bahn gebrochen, die an Wärme, Salz- und Gasgehalt dem berühmten Nauheimer Sprudel gleichkommt, ihn aber an Mächtigkeit um das Fünffache übertrifft. Der Wasserstrahl wird mit solcher Gewalt aus der Tiefe des Bohrlochs emporgeschleudert, dafs der Schacht bis zum Rand mit wogendem und spritzen-

dem Schaum angefüllt ist, aus dessen Mitte sich noch eine 4 bis 5 Fufs hohe und 5 Fufs im Durchmesser haltende Schaumpyramide erhebt. Der Abflufs der Quelle ist so bedeutend, dafs er einem kleinen Mühlbach gleicht, und die ganze Brunnenpromenade ist ringsum von dampfender Soole überfluthet. Ausser dem zunächst gelegenen Kurbrunnen, dessen Wasserspiegel sich ein wenig gesenkt hat, bemerkt man an keiner der anderen artesischen Soolquellen eine verminderte Ergiebigkeit. Namentlich besteht der Sprudel in voller Integrität. Mehrere Personen wollen um Mitternacht wirkliche Erdstöße verspürt haben.

3) *Kieselsäuregehalt der Vogelfedern.* — Aus einer im chemischen Laboratorium zu Göttingen vom Dr. v. Gorup-Besanez angestellten Untersuchung geht hervor, dafs die Kieselsäure einen nie fehlenden Bestandtheil der Federfahne ausmacht, dafs ihre Menge sehr bedeutend, und dafs ihr Daseyn für die Bildung dieser Organe vielleicht eben so wesentlich ist, wie der phosphorsaure Kalk für die Knochen. Durchschnittlich betrug der Aschgehalt in der Federfahne 4 Procent, und diese Asche enthielt 30 bis 40 Proc. Kieselerde. In den Federspulen und dem sogenannten Mark dagegen ist der Gehalt an unorganischen Stoffen und Kieselsäure viel geringer. Sämmtliche Aschen waren eisenhaltig, am meisten die von Papageyfedern. Ausserdem enthielten sie phosphorsauren Kalk und phosphorsaures Natron, aber weder schwefelsaure Salze noch Chlorverbindungen. (*Nachricht. von der G. A. Universit. etc., 1846, No. 18.*)

4) *Thorerdegehalt des Pyrochlors.* — Der von Wöhler im Pyrochlor von Miask gefundene Gehalt an Thorerde ist neuerlich von Hrn. Hermann geläugnet und die Beobachtung für einen Irrthum erklärt worden. Diefs hat Ersteren zu einer neuen Analyse dieses Minerals veranlaßt, mit besonderer Berücksichtigung der Substanz, die für Thorerde gehalten worden ist. Durch abermalige genaue Untersuchung hat es sich bestätigt, dafs es in der That Thorerde, der Irrthum also auf Seite des Hrn. H. ist. Um nicht den geringsten Zweifel übrig zu lassen, wurde die Substanz an den Entdecker der Thorerde geschickt, der sie ebenfalls für solche erklärte. (*Ibid., S. 285.*)